

➤ Pflanzenbasierte Fleischersatzprodukte

Ein Leitfaden zu Best Practices in der Herstellung von TVP (Texturierte Pflanzenproteine, Texturized Vegetable Proteins) und HMMA (Fleischanaloga mit hohem Wasseranteil, High Moisture Meat Analogues).

Autoren:

Uta Kühnen | Global Head of Team Process Technology Food & Pharma | Coperion

Sharon Nowak | Global Business Development Manager for the Food and Pharmaceutical Industries | Coperion und Coperion K-Tron

» Herstellung von TVP und HMMA

Der Markt für pflanzenbasierte Fleischersatzprodukte wächst schnell. Verbraucher streben nach einem gesünderen Lebensstil und mehr Umweltverträglichkeit. Dies ist für TVP- und HMMA-Hersteller eine gewinnbringende Strategie, ihre Produktion auszubauen, und für neue Unternehmen die Chance, in den Markt einzutreten.

Die Verarbeitung von pflanzenbasierten Proteinen bringt viele Herausforderungen mit sich. Bestimmte Proteinpulver besitzen schwierige Fließigenschaften. Darüber hinaus hängt die Qualität der fertigen TVP- und HMMA-Erzeugnisse von verschiedenen Faktoren ab. Die Technologie spielt dabei eine wichtige Rolle.

Gravimetrische Dosierer mit intelligenten Fließhilfen tragen dazu bei, die Herausforderungen bei der Handhabung des Pulvers zu bewältigen. Modular aufgebaute Food Extruder bieten Flexibilität in der Konfiguration und ermöglichen es, die Prozess-

parameter so zu optimieren, dass ein Endprodukt mit hoher Qualität entsteht. Ein innovativer Food Extruder in Hybrid-Version ermöglicht es Herstellern zudem, problemlos zwischen der TVP- und der HMMA-Produktion zu wechseln.

Unter Berücksichtigung all dieser Faktoren und mit der Entscheidung für einen erfahrenen Technologiepartner, der Unterstützung durch Prozess-Know-how und Versuchsmöglichkeiten bietet, können Hersteller von TVP und HMMA ihre Produktion problemlos entwickeln und ausbauen.

Inhalt

1. EINLEITUNG	Seite 03
2. PRODUKTION VON TVP UND HMMA - ÜBERSICHT	Seite 04
3. SCHÜTTGUT-HANDLING: FÖRDERUNG UND KOMPONENTEN	Seite 05
a) Handling von Pulvern und pneumatische Förderung	Seite 05
b) Komponenten für das Schüttgut-Handling	Seite 07
4. DOSIERUNG	Seite 07
a) Gravimetrische Dosierer	Seite 08
b) Flüssigkeitsdosierer	Seite 08
5. EXTRUSION	Seite 09
a) Extrusion von TVP	Seite 10
b) Extrusion von HMMA	Seite 10
c) ZSK Food Extruder in Hybrid-Version für schnelle Produktwechsel	Seite 11
6. FAKTOREN, DIE EINFLUSS AUF DIE PRODUKTQUALITÄT HABEN	Seite 12
a) Einflüsse auf die TVP-Qualität	Seite 12
b) Einflüsse auf die HMMA-Qualität	Seite 12
c) Produktversuche	Seite 13
7. SPEZIELLE ROHMATERIALIEN	Seite 13
8. COPERION ANGEBOT AUF EINEN BLICK	Seite 14
9. SCHLUSSFOLGERUNG	Seite 15

»» 1. Einleitung

Pflanzenbasierte Fleischersatzprodukte sind Produkte, die aus Pflanzen hergestellt werden, und deren Aussehen ihren Fleischäquivalenten entspricht. Die Nachfrage nach diesen Produkten wird durch Verbraucher angetrieben, die ihren Fleischverzehr reduzieren möchten – aus persönlichen oder gesundheitlichen Gründen, aus Erwägungen zum Tierwohl sowie aufgrund des Wunsches, den Klimawandel einzudämmen.

Der Markt für pflanzenbasierte Fleischersatzprodukte steigt exponentiell. Ökonomen gehen davon aus, dass die Nachfrage nach alternativen Proteinen bis 2030 eine Größenordnung zwischen \$ 77 Milliarden und \$ 153 Milliarden erreichen wird – ausgehend von einer Basis von \$ 5 Milliarden bis \$ 10 Milliarden im Jahr 2021¹. Vor diesem Hintergrund suchen viele neue und bestehende Hersteller von pflanzenbasierten Fleischersatzprodukten nach Möglichkeiten, Produktionskapazitäten zu entwickeln und auszubauen.

Pflanzenbasierte Fleischersatzprodukte werden in erster Linie aus TVP (Texturierte Pflanzenproteine, Texturized Vegetable Proteins) und HMMA (Fleischanaloga mit hohem Wasseranteil, High Moisture Meat Analogues) hergestellt. TVP-Produkte sind trockene Pellets, kleine Flocken oder Stücke, die vor ihrer weite-

ren Verarbeitung und dem Verzehr in Wasser eingeweicht werden müssen. HMMA-Produkte enthalten deutlich mehr Feuchtigkeit und besitzen eine Textur, die Fleischprodukten entspricht.

Soja-, Erbsen- und Weizenproteine gehören zu den am häufigsten verwendeten Ausgangsprodukten für pflanzenbasierte Fleischersatzprodukte. Es gibt jedoch eine große Bandbreite möglicher Alternativen.

Ein Blick in die Supermarktregale zeigt ein großes Sortiment mit pflanzenbasierten Produkten – darunter veganes Hackfleisch, vegane Nuggets sowie Produkte, deren Textur, Optik und Geschmack mit herkömmlichen Fleischprodukten vergleichbar sind, beispielsweise Hähnchengeschnetzeltes, Pulled Pork oder Fischstäbchen.



¹ https://www.ey.com/en_us/food-system-reimagined/protein-reimagined-challenges-and-opportunities-in-the-alternative-meat-industry

➤➤ 2. Produktion von TVP und HMMA – Übersicht

Im Zentrum der TVP- und HMMA-Produktion steht der Doppelschneckenextruder in Food-Design. Beide Produkte werden aus Proteinpulver und Wasser hergestellt. Die Prozessbedingungen im Extruder unterscheiden sich jedoch deutlich. Das Temperaturprofil, die Schneckendrehzahl, der Feuchtegehalt und der Austrag spielen eine wichtige Rolle im Herstellungsprozess sowie für die Produktqualität von TVP und HMMA.

Extrusion ist ein kontinuierliches Verfahren. Das bedeutet, dass Fördersysteme und Dosierer das Rohmaterial automatisch mit der erforderlichen Geschwindigkeit zuführen. Gravimetrische Feststoffdosierer sichern die kontinuierliche Zufuhr von Proteinpulvern, während Flüssigkeitsdosierer Wasser in den Prozess einbringen.

Nach dem intensiven Mischen und Kochen im Food Extruder wird die Schmelze für die TVP-Produktion durch eine Düsenplatte ausgetragen und an einer zentrischen Granulierung geschnitten, während die Schmelze für HMMA-Produkte eine spezielle Kühldüse durchläuft. Beide Produkte sind nach der Extrusion Zwischenprodukte. Bevor sie an den Verbraucher verkauft werden können, sind weitere Verarbeitungsschritte erforderlich.

HMMA-Produkte besitzen eine dichte, faserige Struktur, die Muskelfleisch sehr ähnelt. Sie enthalten 50 bis 70 Prozent Feuchtigkeit und müssen gekühlt oder tiefgefroren gelagert werden. HMMA-Produkte werden häufig für die Herstellung von Fertiggerichten verwendet.

TVP-Produkte weisen eine faserige, poröse Struktur auf. Die Poren entstehen durch die Verdunstung des Wassers bei hohen Temperaturen. TVP wird mit 10 bis 30 Prozent Wasserzugabe extrudiert und ist nach dem Trocknen lange lagerfähig. Es muss in Wasser eingeweicht werden, bevor es in Produkten wie Burgern, Hähnchenstreifen, Hackfleisch oder Würstchen weiterverwendet werden kann.



3. Schüttgut-Handling: Förderung und Komponenten

Das Handling der Rohmaterialien ist eine große Herausforderung bei der Herstellung von TVP und HMMA. Bestimmte Proteinpulver, wie etwa erbsen- und lupinenbasierte Inhaltsstoffe, besitzen ein schwieriges Fließverhalten. Statische Aufladung oder ein zu hoher Fettgehalt können bewirken, dass Pulver zusammenkleben und an der Oberfläche der Förderleitungen und Dosierer haften. Organische Pulver bringen zudem ein Sicherheitsrisiko durch brennbare Stäube mit sich. All diese Herausforderungen müssen bei der Auswahl der geeigneten Komponenten für das Schüttgut-Handling und die pneumatische Förderung der Inhaltsstoffe berücksichtigt werden.

Man muss sich darüber im Klaren sein, dass das Schüttgut-Handling und die -förderung kritische Verfahrensschritte für den gesamten Produktionsprozess von TVP und HMMA sind. Dies gilt insbesondere für schwer fließende Pulver, wie etwa Proteine. Die kontinuierliche, konstante Dosierung der Rohmaterialien in den Extrusionsprozess ist wichtig, um eine gleichbleibende Produktqualität auf höchstem Niveau zu sichern.

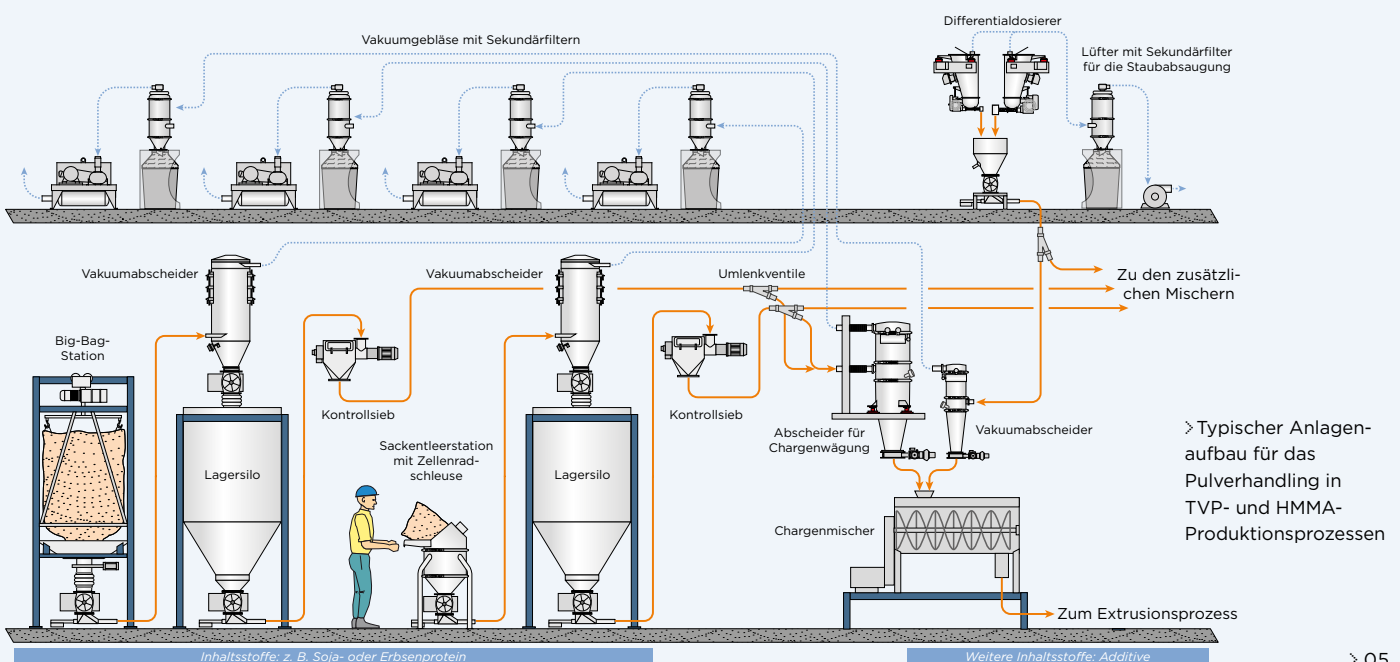
Darüber hinaus ist die Konfiguration des Fördersystems im Hinblick auf Reinigung und Wartung von großer Bedeutung. Das System sollte schnelle Produktwechsel zulassen und für die Wartung gut zugänglich sein. Je nach Anwendung sollte sowohl Nass- als auch Trockenreinigung möglich sein.

Verschiedene Normen und Vorschriften gelten für das Equipment in der Lebensmittelherstellung, u. a. die Zertifizierung der

European Hygienic Engineering and Design Group (EHEDG) und die EU-Richtlinie 1935/2004. Die Ausführung der gesamten Prozessausrüstung sollte die Standards des FDA Food Safety Modernization Act (FSMA) erfüllen und den Regeln der Good Manufacturing Practice (cGMP) entsprechen.

a. Handling von Pulvern und pneumatische Förderung

Die Rohstoffe für pflanzenbasierte Protein-Produkte werden in Kartons, Beuteln, Schüttgutsäcken oder Supersacks angeliefert. Normalerweise erfolgt dies, wie z.B. im Fall von Erbsenprotein, in 25 kg (50 lb) Einheiten. Sackentleerstationen mit kleinen Trichtern übernehmen die Aufnahme des Materials. Diese Vorrichtungen besitzen in der Regel auch eine Ablage, um die Säcke abzustellen, während der Bediener sie aufschneidet oder aufreißt. Handelt es sich um staubige Pulver, schützen Staubabsaugvorrichtungen und Sackentsorgungssysteme den Bediener.



> Typischer Anlagen-aufbau für das Pulverhandling in TVP- und HMMA-Produktionsprozessen

Bei kohäsiven Mischungen oder Pulvern ist es wichtig, dass die Filter in den Trichtern und pneumatischen Abscheidern mit einer Schnellwechselfunktion und mit Anti-Haftbeschichtungen (z. B. hochwertige, nicht-haftende Fluorpolymerbeschichtungen) versehen sind, um ein Verstopfen der Filter durch Pulver zu verhindern.

Nach Verlassen der Sackentleerstation werden die Pulver für das TVP und HMMA an das Fördersystem übergeben. Dafür können verschiedene Arten von Fördersystemen eingesetzt werden. Die optimale Transportart für die Inhaltsstoffe hängt von einer Vielzahl von Parametern ab, z. B. von den Materialeigenschaften, der Förderstrecke, der erforderlichen Fördergeschwindigkeit und der Art des Behälters, in dem der jeweilige Inhaltsstoff angeliefert wird.

Pneumatische Fördersysteme werden verwendet, um trockene Materialien zu transportieren – entweder unter Druck oder Vakuum. Die Fördersysteme umfassen in der Regel eine Druckluftquelle, eine Materialzuführung, die Förderstrecke und einen Materialabscheider, beispielsweise von Coperion K-Tron.

Bei der pneumatischen Förderung handelt es sich zumeist um ein komplett abgeschlossenes System. Dadurch ist der Betrieb unter höchsten Hygienestandards gesichert und Produktverluste werden minimiert. Vakuumabscheider sind oft die wirtschaftlichste Lösung für kleine bis mittlere Durchsätze bis zu 7.500 kg/h (16.500 lb/h). Der Abscheider befindet sich in diesem Fall über einem Lagerbehälter oder einem Differentialdosierer. Das Material wird unter Vakuum transportiert, bis der Abscheider gefüllt ist. Daraufhin wird das Vakuum unterbrochen. Ein Auslaufventil öffnet sich, um das Material an den darunter befindlichen Behälter zu übergeben. Coperion K-Tron Vakuumabscheider sind in zahlreichen Größen und Ausführungen erhältlich, so z. B. in Hygiene-Design für die einfache Reinigung und für problemlose Produktwechsel.

Vakuumfördersysteme werden häufig für kleinere Mengen und kürzere Transportstrecken verwendet. Einer der Vorteile von Vakuumsystemen besteht darin, dass das Vakuumgebläse einen Sog erzeugt und das Austreten von Staub deutlich reduziert. Daher werden Vakuumsysteme in der Regel bei Anwendungen eingesetzt, die hohe Hygieneanforderungen mit sich bringen oder eine Staubeindämmung erfordern. Ein weiterer Vorteil von Vaku-

umsystemen ist ihr einfacher Aufbau, der mehrere Stellen für die Materialaufnahme zulässt. Die mit einem Vakuumsystem möglichen Förderstrecken und Durchsätze sind jedoch begrenzt, da der Unterdruck nicht in beliebigem Umfang erzeugt werden kann.

Wird das zu transportierende Material in einem Silo oder Behälter gelagert, gibt es viele Optionen, um eine hygienegerechte und trockene Umgebung sicherzustellen. Normalerweise ist Edelstahl das bevorzugte Konstruktionsmaterial für alle produktberührenden Teile. Als kostengünstigere Variante können, z. B. für große Silos oder Lagerbehälter, auch Epoxidbeschichtungen mit einem von der FDA zugelassenen Anstrich zum Einsatz kommen.

Ist Feuchtigkeit ein Problem, z. B. bei einem Klima mit hoher Luftfeuchtigkeit, kann ein Adsorptionstrockner (Desiccant Bed Dryer, DBD) installiert und über eine separate Linie mit den Silos verbunden werden. Der DBD produziert trockene Luft bei einem extrem niedrigen Taupunkt. Auf diese Weise wird ein Luftkissen in den oberen Teil des Silos geblasen, welches vor Feuchtigkeit im Material schützt.

Silos können durch Gebläse oder eine Druckluftquelle fluidisiert werden. Pulver ähneln in einer solchen Umgebung in ihrem Verhalten eher einem Fluid als einem festen Schüttgut. Bei Proteinpulvern, die zu Kohäsion und Verdichtung neigen, verbessert eine Fluidisierung in Lagersilos, Behältern oder Trichtern den Materialfluss in der pneumatischen Förderstrecke deutlich.

Bei schwer fließenden Pulvern sollten Trichter, Lagerbehälter und weitere Förderkomponenten steile Trichterwinkel aufweisen und mit Fließhilfen ausgestattet werden, die den Produktfluss fördern und Stagnationen beim Transport verhindern.

Ein weiteres Schlüsselement, das die Lebensmittelsicherheit des pneumatischen Fördersystems steigert, ist ein Inline-Kontrollsieb. Eine solche Vorrichtung kann direkt in die pneumatische Förderstrecke integriert werden und sibt das Schüttgut bzw. die Pulver. So werden Fremdstoffe wie Schnüre, Verpackungen, Kunststoffe, Insekten und andere unerwünschte Materialien aus dem Produktstrom entfernt. Zudem werden harte Brocken aus agglomeriertem Produkt beseitigt, die den nachfolgenden Prozess beeinträchtigen könnten.

›Das Schüttgut wird über eine Sackentleerstation mit Zellenrad-schleuse in den Prozess eingebracht.



›Coperion bietet zahlreiche Vakuumabscheider, die eine effiziente Förderung von Schüttgütern sichern.



b. Komponenten für das Schüttgut-Handling

Systeme für das Handling der Rohmaterialien können bei der Herstellung von TVP und HMMA sehr komplex sein. Sie umfassen häufig eine Vielzahl an Komponenten, wie Förderrohre, Luftmengenregelungen, Durchgangsventile, Zellenradschleusen und Weichen. Jede Komponente muss nicht nur leistungsfähig sein, sondern auch die Hygieneanforderungen der Lebensmittelindustrie erfüllen und eine problemlose Reinigung ermöglichen.

Werden die Komponenten in Prozessen mit extrem hohen Hygienestandards eingesetzt, ermöglicht die Ausführung im CIP-Design (Clean-in-Place) die vollständige Reinigung der Komponente ohne Demontage oder Ausbau aus dem Prozess. Dies spart sehr viel Zeit bei Produktwechseln im Herstellungsprozess.



› Coperion ZRD Zellenradschleuse mit RotorCheck

Fließfähigkeit verschiedener Proteinpulver

Material	Reibungswinkel (Schüttwinkel) in Grad
Rapsprotein	53
Ackerbohnenprotein	45
Mungbohnenprotein	50
Erbsenprotein 1	51
Erbsenprotein 2	45
Sojaprotein	45

› Fließfähigkeit verschiedener Proteinpulver – in Abhängigkeit von Partikelgröße, pH-Wert und Feuchtegehalt. Der Reibungswinkel beschreibt den Winkel zur Horizontalen, den ein Schüttgut bildet, wenn es ungehindert über eine flache Oberfläche fließt.

4. Dosierung

Dosiersysteme führen die Inhaltsstoffe exakt gemäß einer Produktrezeptur dem Extruder kontinuierlich zu. Dazu gehören Schüttgut- und Flüssigkeitsdosierer für Rohmaterialien, wie etwa Proteinpulver, Aromen, Additive sowie Wasser oder Öl. In bestimmten Fällen werden verschiedene Inhaltsstoffe vorgemischt und als Mischung dem Extruder zugeführt.

Sowohl volumetrische als auch gravimetrische Dosierer kommen in der Lebensmittelherstellung zum Einsatz. Volumetrische Dosierer messen den Volumenstrom der Inhaltsstoffe und eignen sich für die Zufuhr von Materialien mit einer konstanten Schüttdichte. Bei der Produktion von TVP und HMMA können die heterogenen Eigenschaften der Inhaltsstoffe jedoch schnell zu Unregelmäßigkeiten im Fließverhalten führen. Gravimetrische Dosierer arbeiten beim Dosieren solch heterogener Produkte deutlich präziser.

Ein schlechtes Fließverhalten der Rohmaterialien hat große Auswirkungen auf deren Dosierung in den Extruder. So haben Brückenbildungen in den Dosiertrichtern beispielsweise Auswirkungen auf die Gesamtleistung der Produktion und auf die Qualität des Endprodukts.

Viele Dosierlösungen versuchen, Schwierigkeiten im Fließverhalten mit vertikalen Rührwerken oder flexiblen Einsätzen mit Paddeln entgegenzuwirken. Diese bringen jedoch Vibrationen und damit neue Herausforderungen bei der Dosierung mit sich.

Vibrationen können die präzise Messung des Massenstroms beeinflussen und zu Ungenauigkeiten bei der Rezeptur führen. Zudem ist die passende Schwingungsamplitude und -dauer ohne weitere Messung und Kontrolle nur schwer zu definieren.

ActiFlow™ von Coperion K-Tron ist eine intelligente Fließhilfe für Schüttgüter, die den Herausforderungen beim Vibrieren des Dosiertrichters entgegenwirkt. Das System erkennt Veränderungen im Materialfluss. Es überträgt gezielt Vibrationen von außen auf den Trichter ohne Produktberührung und erhöht diese langsam, bis das Material zu einer normalen Fließgeschwindigkeit zurückkehrt. Die enge Abstimmung zwischen ActiFlow, Dosiersteuerung und Wägesystem verhindert Auswirkungen der Vibrationen auf die Dosierleistung. Die Vibration kehrt auf das Stand-by-Niveau zurück, sobald der Produktstrom wieder normal fließt. Dieser Ansatz verhindert eine Verdichtung des Materials. ActiFlow funktioniert ohne direkten Kontakt mit dem Schüttgut. Dies reduziert den Reinigungsaufwand, sodass schnelle Produktwechsel möglich sind.

a. Gravimetrische Dosierer

Gravimetrische Dosierer sind bei der Herstellung von pflanzenbasierten Fleischersatzprodukten häufig im Einsatz. Sie sichern eine höhere Genauigkeit und bessere Steuerbarkeit der Dosierung. Sie messen über ein Gewichtssignal genau, wie viel Schüttgut dem Prozess zugeführt wird und reagieren auf Schwankungen im Massenstrom, die durch Änderungen der Schüttdichte oder Strömungsstörungen verursacht werden. Darüber hinaus wird ihre Dosierleistung genau dokumentiert. Bei Rezepturänderungen ist es entscheidend, dass die Dosierer gut zugänglich sind und sich sehr schnell reinigen lassen.

Gravimetrische Dosierer sind in Einfach- und Doppelschnecken-Ausführungen erhältlich. Einachsenschnecken-Dosierer eignen sich für rieselfähige Pulver oder granulatförmige Inhaltsstoffe. Doppelschnecken-Dosierer werden für klebrige und schlecht fließende Inhaltsstoffe eingesetzt.

Der am häufigsten verwendete gravimetrische Dosierer ist der Differentialdosierer (Loss-in-Weight, LIW). LIW-Dosierer bestehen aus einem Trichter und einem Dosiergerät, die auf Wägezellen oder einer Waage montiert sind. Sie sind über flexible Verbindungen komplett vom Extruder getrennt, so dass das Dosierergewicht unabhängig gemessen werden kann. Sobald Material den Dosierer verlässt, verringert sich das Gewicht des Systems. Die Steuerung regelt die Geschwindigkeit des Dosiervorgangs auf Basis des gemessenen Stroms gegenüber dem Sollwert.



Die Nachfüllung von LIW-Dosierern ist äußerst wichtig, um eine kontinuierliche Produktion sicherzustellen. Der Nachfüllprozess läuft mittels Vakuumsequenzierung wie folgt ab:

- › Ein Abscheider, der über dem LIW-Dosierer montiert ist, nimmt das Rohmaterial mithilfe der Dünnstrom-Vakuumförderung auf.
- › Der Vakuumabscheider füllt sich bis zu einem eingestellten Level und hält den Inhaltsstoff zurück, bis er vom LIW-Dosierer angefordert wird.
- › Bei Anforderung wird der Inhalt des Abscheiders in den Trichter des Dosierers gegeben, während ein Gasimpuls Partikel aus dem Filter im Inneren des Vakuumbehälters freisetzt.
- › Sobald dieser Vorgang abgeschlossen ist, schließt sich das Auslaufventil, und der Prozess beginnt erneut.

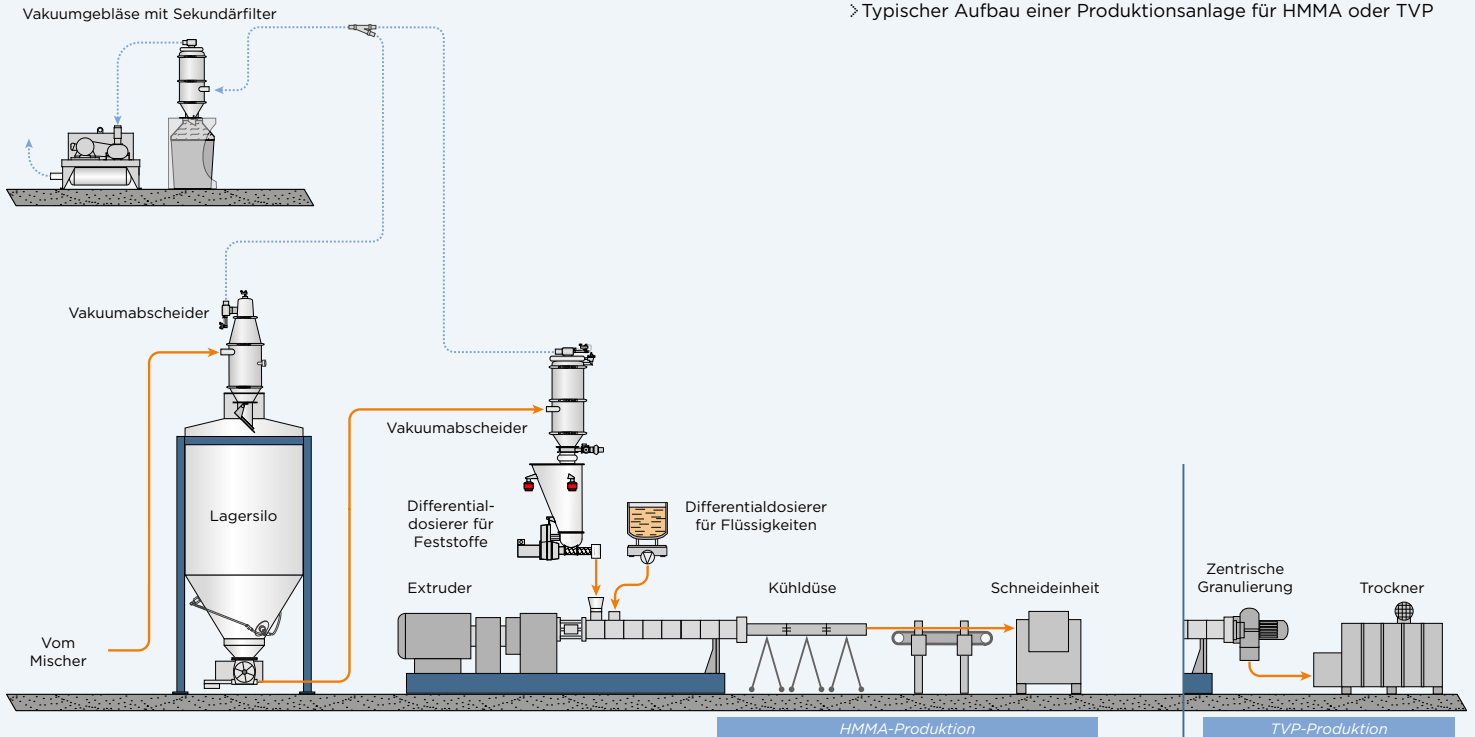
In manchen Fällen ist eine Kombination aus Dosierer und Abscheider die optimale Lösung für die kontinuierliche Nachfüllung des Dosierers. Eine solche Hybrideinheit arbeitet mit einem volumetrischen Schneckendosierer als Austragsvorrichtung für den Vakuumabscheider der P-Serie. Diese Einheit ist für die direkte Befüllung eines Differentialdosierers dann besonders nützlich, wenn klebrige oder fluidisierende Pulver verarbeitet werden.

b. Flüssigkeitsdosierer

Flüssigkeitsdosierer arbeiten ebenfalls nach dem Prinzip der Differential-Gewichtsmessung. Ein Flüssigkeitsbehälter auf einer Waage misst den Massenstrom des Inhaltsstoffs in den Prozess. Flüssige Materialien werden normalerweise mithilfe einer Pumpe mit drehzahlveränderbarem Antrieb in den Extruder dosiert. Der Pumpentyp richtet sich nach den Eigenschaften der Flüssigkeit. Ein Regler ändert die Pumpendrehzahl oder den Hub, um die Fließgeschwindigkeit an den Sollwert anzupassen.



› Coperion K-Tron Schneckendosierer (links) und Flüssigkeitsdosierer (rechts) sichern die hochgenaue Zufuhr der Inhaltsstoffe entsprechend einer Rezeptur.



» 5. Extrusion

Bei der Extrusion handelt es sich um ein thermomechanisches Verfahren, das mittels Feuchtigkeit, Druck, Temperatur und Scherkräften Rohmaterialien in ein gewünschtes Produkt umwandelt.

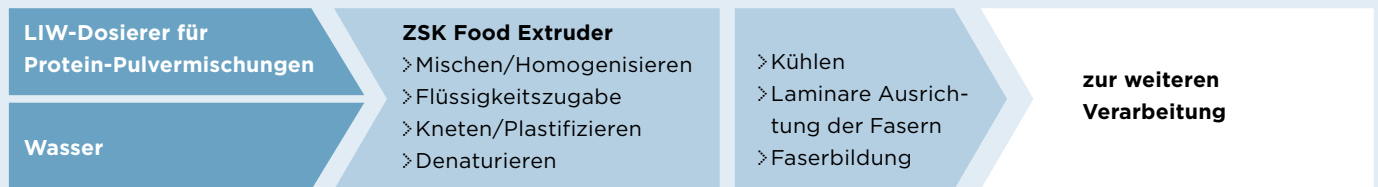
Gleichsinnig drehende Doppelschneckenextruder bestehen aus zwei dichtkämmernden Schnecken, die sich in einem geschlossenen Verfahrensteil drehen. Das System ist modular aufgebaut, sodass mehrere Schneckenelemente die Gesamtschneckenlänge bilden. Gleichzeitig sind mehrere Gehäuse über die Länge des Verfahrensteils miteinander verbunden. Dieser Anlagenaufbau ermöglicht die Materialdosierung oder Wärmezufuhr an jedem Punkt im Extrusionsprozess.

Eine große Vielfalt an Schneckenelementen wird entlang der Schneckenwellen individuell kombiniert, sodass einzelne Prozessschritte nacheinander ausgeführt werden und schließlich

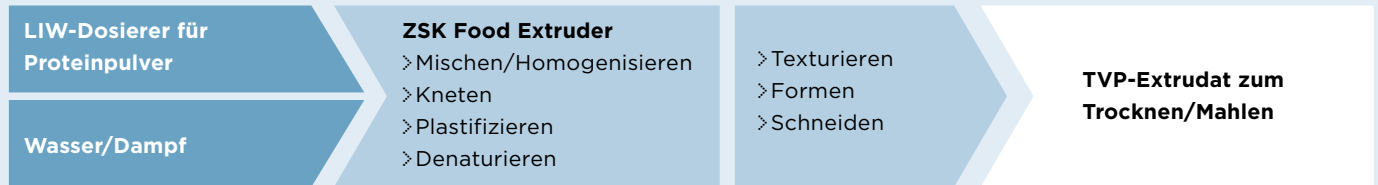
ein Endprodukt mit der gewünschten Struktur ergeben. So fördern Fördererlemente das Produkt durch den Extruder, während Mischelemente die Inhaltsstoffe homogenisieren. Linksgängige Elemente bauen Druck entgegen dem Produktstrom auf und steigern den Füllgrad der Schneckengänge. Knetelemente dispergieren das Material und erzeugen Scherkräfte.

TVP und HMMA verwenden unterschiedliche Konfigurationen des Extruderverfahrensteils, um das jeweilige Produkt zu erzeugen. Zudem unterscheidet sich der Austrag. Um TVP herzustellen, folgt auf den Extruder eine zentrische Granulierung. Für HMMA wird das Produkt über eine Kühldüse ausgetragen.

Extrusion von HMMA



Extrusion von TVP



>Die Extrusionsprozesse für die TVP- und HMMA-Produktion sind ähnlich, unterscheiden sich jedoch in der Konfiguration und verschiedenen Parametern des Extruders und im Produktaustrag.

a. Extrusion von TVP

Um TVP herzustellen, finden mehrere Prozessschritte im Extruder statt. Zunächst werden die Rohmaterialien zu einer homogenen Schmelze gemischt. Daraufhin erfolgt das Kneten bzw. Plastifizieren und schließlich das Denaturieren. Dabei entfalten und reformieren sich die Proteinmoleküle, um die gewünschte Produktstruktur zu erreichen.

Die Schmelze wird durch Dissipation erwärmt. Das bedeutet, dass die durch die Rotation der Extruderschnecken eingeführte Energie in Wärme umgewandelt wird. Erforderliche zusätzliche Wärmeenergie kann über beheizbare Gehäuseelemente eingebracht werden. Bei der Extrusion von TVP dehnt sich das Wasser beim Austritt aus dem Extruder zu Dampf aus, wodurch das Produkt expandiert. Es entsteht die poröse Faserstruktur des Materials.

Das TVP-Produkt verlässt den Extruder durch eine Düsenplatte, an der die Produktfasern ausgerichtet werden. Es folgt eine zentrische Granulierung, die die Schmelzestränge zu Granulat schneidet. Die Düsenplatte baut im Extruder Druck auf, welcher für den Energieeintrag notwendig ist. Sobald das Material den

Extruder durch die Öffnungen der Düsenplatte verlässt, erfolgt ein Druckabfall. Hierbei wird Wasser in Form von Dampf freigegeben und das Material dehnt sich zu einer porösen, schaumartigen Struktur aus. Das TVP-Granulat muss im Anschluss getrocknet werden, um so eine stabile, lange Lagerung zu ermöglichen.

b. Extrusion von HMMA

Für die Herstellung von HMMA laufen im Extruder ähnliche Prozessschritte ab. Der für HMMA-Produkte erforderliche Wassergehalt ist jedoch deutlich höher als für TVP. Außerdem muss das Extruder-Verfahrensteil länger sein, um ausreichend Energie für die HMMA-Verarbeitung einzutragen. Proteinmoleküle denaturieren und entfalten sich. Proteinagglomerate werden getrennt.

Am Ende des Extrusionsprozesses kühlt eine Kühldüse das Produkt herunter. Dort wird eine laminare Strömung der Masse erzwungen und diese gleichzeitig verfestigt. Fasern bzw. fleischähnliche Strukturen werden dabei gebildet und das laminare Strömungsprofil im Produkt wird „eingefroren“. Das aus dem Extruder austretende Fleischersatzprodukt hat die Form eines Strangs oder Bands.



>TVP und mögliches Endprodukt



>HMMA und mögliches Endprodukt

Produktionsanlage für HMMA und TVP



› Der ZSK Food Extruder in Hybrid-Version ermöglicht einen schnellen Wechsel von TVP zu HMMA und umgekehrt.

c. ZSK Food Extruder in Hybrid-Version für schnelle Produktwechsel

Coperion bietet den ZSK Food Extruder in einer Hybrid-Version an, der schnelle Wechsel zwischen der TVP- und HMMA-Produktion möglich macht. Beide Prozesse verwenden denselben Doppelschneckenextruder. Die endgültige Produktstruktur wird jedoch entweder über eine Granulierung für TVP oder über eine Kühldüse für HMMA erzielt. Je nach Rezeptur kann die Konfiguration des Extruderverfahrensteils mit Gehäusen und Schneckenelementen trotz Produktwechsel unverändert bleiben. Mithilfe einer Adapterlösung lässt sich der Austrag des Food Extruders in nur ein bis zwei Stunden von einer zentrischen Granulierung zu einer Kühldüse umrüsten. Dasselbe Prinzip funktioniert umgekehrt genauso schnell, wenn Produktwechsel von HMMA zu TVP erforderlich sind. Das Bedienpersonal der Anlage kann die Produktwechsel ohne Unterstützung einer Elektrofachkraft durchführen.

Solche ZSK Food Extruder in Hybrid-Version sind besonders für kleine bis mittlere Betriebe, Forschungseinrichtungen und Start-ups sinnvoll. Sie bieten eine ideale Möglichkeit, in den schnell wachsenden Markt für pflanzenbasierte Produkte einzusteigen.

Bisher erforderte die Produktion von TVP und HMMA zwei verschiedene Produktionssysteme – und damit hohe Investitionen.

Wenn die Anlagen größer werden, steigt auch der Platzbedarf für die Prozessschritte stromab des Extruders signifikant. TVP-Produkte erfordern Granulierungen und Trockner, HMMA-Produkte benötigen Kühl- und Gefriergeräte. Je höher die Produktionsraten sind, desto größer muss dieses Prozessequipment sein. In der Praxis ist es daher ab einer bestimmten Anlagengröße nicht mehr sinnvoll, beide Anwendungen in einer Anlage unterzubringen. In der Forschung und Entwicklung oder in Pilotanlagen ist der ZSK Food Extruder in Hybrid-Version hingegen ideal, um mehrere Rezepturen und verschiedene Produkttypen zu testen.

Die Reinigung des ZSK Food Extruders ist bei Produktwechseln wichtig, um Verunreinigungen des Endprodukts zu vermeiden. Die Doppelschnecken des ZSK Food Extruders besitzen ein selbstreinigendes Profil. Die Schnecken sind dichtkämmend und ineinandergreifend. Es gibt über die gesamte Länge des Verfahrensteils keine stagnierenden Zonen, und Produktwechsel sind in kurzer Zeit abgeschlossen.



› Der ZSK Food Extruder im Hybrid-Version ermöglicht es Herstellern, schnell zwischen der TVP- und HMMA-Produktion zu wechseln.

› Große Bandbreite möglicher TVP-Formen – in Abhängigkeit unterschiedlicher Prozessparameter wie z. B. dem Energieeintrag

❖ 6. Faktoren, die Einfluss auf die Produktqualität haben

Neben dem Know-how für den gesamten Prozess gibt es vier Hauptfaktoren, die bei der Extrusion Einfluss auf die Produktqualität von TVP und HMMA nehmen:

- › Rezeptur
- › Feuchtigkeitsgehalt im Prozess
- › Energieeintrag
- › Austrag

Den größten Einfluss dieser vier Faktoren hat die Rezeptur. Mit der geeigneten Rezeptur – dazu zählt auch die Qualität der Rohmaterialien – kann der Extrusionsprozess von TVP und HMMA entscheidend beeinflusst werden. Es ist unmöglich, hochwertige TVP- oder HMMA-Produkte ohne die passende Rezeptur herzustellen – unabhängig davon, in welchem Umfang die anderen Faktoren modifiziert werden. Außerdem ist zu bedenken, dass Änderungen an einem der vier Faktoren Einfluss auf die anderen Faktoren haben. Das erschwert die Qualitätskontrolle des Prozesses deutlich.

a. Einflüsse auf die TVP-Qualität

Verschiedene Eigenschaften definieren die Qualität von TVP. Textur, Länge und Stärke der Fasern sollten dem Fleischäquivalent möglichst nahekommen. Dichte, Form und Extrudatoberfläche sind ebenfalls wichtige Merkmale.

Die Eigenschaften der Proteinquelle haben Einfluss auf die erreichbare Qualität von TVP. Der Proteingehalt sollte zwischen 50 und 80 Prozent liegen. Ein höherer Proteingehalt kann ein gummiartiges Produkt erzeugen, das die Qualitätsanforderungen nicht erfüllt.

Proteinpulver haben nur eine begrenzte Wasserbindekapazität. Wenn dem Extrusionsprozess zu viel Feuchtigkeit zugeführt wird, sind eine hellere Farbe, eine weichere und breiige Textur sowie weniger sichtbare Fasern die Folge. Ein Grund dafür liegt in der

geringeren Viskosität der Mischung. Darüber hinaus sinken aufgrund des zusätzlichen Wassers die Temperatur und der Druck im Extruder. Die korrekte Menge an Feuchtigkeit bewirkt eine feste Textur und sichtbare Fasern.

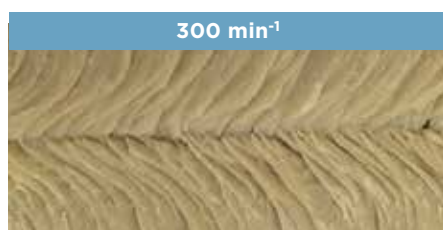
Die mechanische Energie, die in das Produkt eingetragen wird, stammt von den in einer bestimmten Geschwindigkeit rotierenden Schnecken und der Schneckenkonfiguration. Werden diese Parameter geändert, ändert sich auch der Energieeintrag in den Prozess. Ein höherer Energieeintrag bedeutet, dass das Produkt wärmer wird und stärker expandiert. Zu viel Wärme kann das Produkt allerdings zu stark bräunen. Ist der Energieeintrag zu gering, erfolgt keine Expansion des Produkts, und die TVP-Textur ist minderwertig.

Die Düsenplatte ist verantwortlich dafür, dass die Fasern ausgerichtet werden und ein Druckabfall erzeugt wird, der die Expansion und Porosität des Produkts beeinflusst.

b. Einflüsse auf die HMMA-Qualität

Faserlänge und -stärke sind Merkmale der HMMA-Qualität – ebenso wie die Textur und die Festigkeit des Extrudats. Weitere Parameter für HMMA sind das Aroma und die Farbe, da HMMA häufig in Fertiggerichten zum Einsatz kommt.

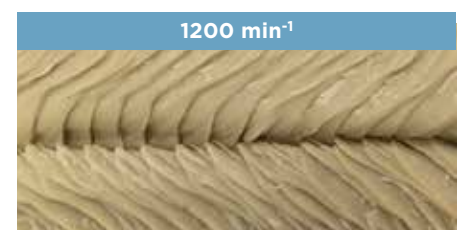
HMMA enthält 50 bis 70 Prozent Wasser und 30 bis 50 Prozent Protein, bei weniger als 10 Prozent Fett. Ein höherer Fettgehalt verursacht breiige Fasern mit einer geringen Faserstärke. Die Prozessfeuchtigkeit ist ein kritischer Parameter für die Qualität des HMMA. Sie wird durch die Wasserzugabe, den Feuchtegehalt des Rohmaterials und die Wasserbindung gesteuert. Wenn ein Protein Wasser nicht gut bindet, kann die Zugabe von Stärke oder Fasern eine Lösung sein, um die Produktqualität zu verbessern. Zu viel Wasser verleiht dem Produkt eine spröde Textur und eine hellere Farbe.



- › weiche Textur, teigartig, spröde
- › Faserschichten brechen leicht



- › gleichmäßige Textur
- › Faserschichten lassen sich problemlos trennen



- › starke Textur, gummiartig
- › Faserschichten lassen sich schwerer trennen

› Die Schneckendrehzahl hat einen signifikanten Einfluss auf die HMMA-Fasertextur – wie hier am Beispiel von HMMA zu erkennen ist, das auf Sojaproteinkonzentrat basiert.

Die mechanische Energie für die HMMA-Produktion stammt von den rotierenden Schnecken und die Wärmeenergie aus den beheizten Extrudergehäusen. Schneckendrehzahl und -konfiguration sind kontrollierbare Variablen, die Einfluss auf die Faserqualität und Textur haben. Dank der großen möglichen Bandbreite beider Variablen können Rohmaterialien mit unterschiedlichsten Eigenschaften mit dem ZSK Food Extruder verarbeitet werden. Abhängig von den Eigenschaften der Inhaltsstoffe können niedrige Drehzahlen ($\sim 300 \text{ min}^{-1}$) HMMA mit einer weichen Struktur erzeugen, die teigartig oder spröde ist. Ihre Faserschichten brechen leicht. Mittlere Drehzahlen ($\sim 600 \text{ min}^{-1}$) können Produkte mit einer gleichmäßigen Textur sowie mit Faserschichten erzeugen, die sich problemlos trennen lassen. Hohe Drehzahlen ($\sim 1200 \text{ min}^{-1}$) erzeugen eine feste HMMA-Produkttextur mit schwer zu trennenden Schichten. Wenn die Rohmaterialien gewechselt werden, muss die Schneckendrehzahl angepasst werden, um die gewünschte Produktstruktur zu erhalten.

HMMA wird durch eine Kühldüse ausgetragen, die die Fasern im Endprodukt bildet. Die Fließgeschwindigkeit durch die Kühldüse sowie das Temperaturprofil spielen eine wichtige Rolle bei der Produktqualität. HMMA-Produkte sind – anders als TVP – nicht porös. Sie weisen eine dichte, faserige Textur auf, die ihren Fleischäquivalenten nahekommt.

HMMA verlässt die Kühldüse als Endlosstrang. Nach der Extrusion kann, beispielsweise durch Schneiden, eine Vielzahl von Formen und Profilen erzeugt werden.

c. Produktversuche

Produktversuche für neue Rezepturen oder eine geänderte Produktionsausstattung sind eine sehr gute Möglichkeit, um Probleme mit der Produktqualität bereits vor einer großen Anlageninvestition auszuschließen und somit das Investitionsrisiko zu senken.

Coperion besitzt weltweit mehrere Food Test Center, um die Dosierung, Förderung und Extrusion verschiedener Inhaltsstoffe zu testen – so z. B. auch äußerst schwer zu verarbeitende Rohmaterialien. Ein Expertenteam steht mit umfassendem Prozess-Know-how zur Verfügung und untersucht Rezepturen, Materialmerkmale und -eigenschaften. Es unterstützt bei der Konfiguration der Produktionslinie, um so eine optimale Prozessqualität und eine hohe Produktionssicherheit zu erzielen. Coperion arbeitet zudem mit verschiedenen Universitäten zusammen, die Coperion-Anlagen betreiben und zusätzliche Kapazitäten schaffen, um pflanzenbasierte Produkte in GMP-Umgebungen zu entwickeln.



› Globale Test Center, wie dieses Food Test Center in Stuttgart, ermöglichen es Kunden, Versuche für neue Produktrezepturen oder mit neuem Produktionsequipment durchzuführen, bevor sie eine Investition tätigen.

7. Spezielle Rohmaterialien

Soja, Erbsen und Weizen sind die am häufigsten verwendeten Inhaltsstoffe für pflanzenbasierte Fleischersatzprodukte. Verschiedene weitere Alternativen werden aber häufig ebenfalls erfolgreich eingesetzt oder getestet.

Es wurden beispielsweise Versuche durchgeführt, um Sojaproteinisolat (SPI) durch Stoffe wie Hanfproteinkonzentrat (HPC) zu ersetzen, da der Anbau von Soja in kälteren Klimazonen wie Nordeuropa mit besonderen Herausforderungen verbunden ist. Zudem steigt die Nachfrage nach Alternativen zu Soja aufgrund von Problemen mit Allergenen. Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe haben gezeigt, dass es möglich ist, HMMA-Produkte mit einer Mischung von bis zu 60 Prozent HPC zu extrudieren.

Andere Untersuchungen konzentrieren sich auf die Steigerung der Nachhaltigkeit:

› Zusatzstoffe, wie etwa Getreideabfälle aus Brauereien und Ölkuchen, könnten in die Herstellung von TVP und HMMA eingebracht werden.

› Einzellige Organismen, wie Dunaliella, Spirulina und Chlorella, enthalten bis zu 70 Prozent Protein. Damit besitzen sie Eigenschaften, die sie als idealen Inhaltsstoff für Fleischersatzprodukte qualifizieren. Durch die Kultivierung dieser Mikroalgen könnte die Landwirtschaft entlastet werden.

Heutzutage ist glücklicherweise viel über das Handling verschiedener Rohmaterialien bekannt, so z. B. auch über solche Materialien mit schlechten Fließeigenschaften. Dank vielfältiger technischer Lösungen, wie LIW-Dosierer mit ActiFlow oder speziell ausgeführte pneumatische Fördersysteme, lassen sich auch Rohmaterialien mit solchen Eigenschaften zuverlässig und stabil verarbeiten.

8. Coperion Angebot auf einen Blick

Coperion ist Technologieführer bei Compoundier- und Extrusionsanlagen, Dosier- und Wägesystemen sowie für Lösungen für das Schüttgut-Handling und den Service. Die nahtlose Abstimmung aller Prozessschritte vom Fördern, über das Dosieren und Extrudieren, bis hin zum Granulieren oder Kühlen ist entscheidend für den erfolgreichen Betrieb der gesamten Anlage. Coperion realisiert komplette Systeme für die Herstellung von TVP und HMMA – ein entscheidender Vorteil gegenüber einer Lösung aus Einzelkomponenten verschiedener Lieferanten.

Der ZSK Food Extruder von Coperion weist ein Verhältnis des Schneckendurchmessers (innerer zu äußerem Schneckendurchmesser) von 1,8 auf. Damit bietet dieser Extruder das größte freie Schneckenvolumen auf dem Markt. Dieses Verhältnis ist für alle Baugrößen des ZSK Food Extruders gleich – ein wichtiger Aspekt für das sichere Scale-up auf andere Produktionsmengen. Wie das Schneckendurchmesser Verhältnis sind auch viele weitere Merkmale über die gesamte Baureihe des ZSK Food Extruders hinweg konstant. Das bedeutet, dass Extruder mit höheren Durchsatzkapazitäten bei einer bestimmten Rezeptur exakt dieselbe Produktqualität liefern wie kleinere Extrudergrößen. Der ZSK Food Extruder ist sehr durchsatzstark. Er erzielt höhere Durchsätze als Konkurrenzprodukte. Gleichzeitig ist sein Platzbedarf für einen bestimmten Durchsatz geringer und er verbraucht weniger Energie. Grund dafür ist die hohe Schneckendrehzahl von 1800 min^{-1} . Die Produktionsraten für HMMA reichen von 50 g/h bis 500 kg/h , die TVP-Produktion kann mehrere Tonnen pro Stunde betragen. Coperions ZSK Food Extruder im Hybrid-Version ermöglicht die Herstellung von TVP und HMMA auf einer Anlage und minimiert den Aufwand bei Produktwechseln deutlich.

Coperion K-Tron Dosierer bieten ein Höchstmaß an Genauigkeit bei der Dosierung und Wägung von Rohstoffen und Produkten. So werden Kosten bei den Inhaltsstoffen eingespart, die Stabilität und Zuverlässigkeit des Prozesses werden optimiert und eine gleichbleibend hohe Produktqualität gesichert. Coperion K-Tron bietet zahlreiche Systeme in Hygiene-Design

› Coperions ZSK Food Extruder im Hygiene-Design mit einem hochgenauen gravimetrischen Dosierer von Coperion K-Tron

oder in Quick-Clean-Ausführungen an, um Produktwechsel zu vereinfachen und die Effizienz zu steigern. Die Kapazität von Coperion K-Tron Dosierern reicht von 32 g/h bis hin zu mehreren Tonnen pro Stunde. Zudem können gravimetrische Dosierer mit ActiFlow ausgestattet werden – einer intelligenten Fließhilfe für das Schüttgut. Diese kommuniziert mit der Steuerung und wird automatisch aktiviert, sobald Probleme mit dem Materialfluss auftreten. Differentialdosierer von Coperion K-Tron sind speziell für die notwendigen Dosisleistungen und die erforderliche Genauigkeit bei kontinuierlichen Dosierprozessen ausgelegt. Die hochmodernen, digitalen Wägesysteme ermöglichen eine hochauflösende Messung bei $1:8.000.000$ in 20 ms .

Die Zellenradschleuse ZRD von Coperion wurde speziell für Food-Anwendungen mit hohen Hygieneanforderungen entwickelt, bei denen Verunreinigungen ein Problem darstellen und häufige Demontage und Reinigung erforderlich sind. Dies ist typisch für die Verarbeitung von allergieauslösenden Produkten wie Sojaproteinpulver. Die Zellenradschleuse ZRD in Hygiene-Design umfasst ein sehr gut zugängliches Auszugssystem (FXS) sowie einen großen Einlauf für eine hohe Effizienz beim Befüllen. Das FXS stützt zudem den Rotor komplett ab, wenn er für die Reinigung entfernt wird, und bietet damit eine ideale Methode für den Ausbau von Endplatte und Rotor. Der vergrößerte Einlauf sichert zudem eine hohe Materialaufnahme und minimiert die Brückenbildung von schlecht fließenden Pulvern.



Ein weiterer Vorteil für die Lebensmittelsicherheit: Coperion Zellenradschleusen können mit dem innovativen RotorCheck-System ausgestattet werden. Dieses reagiert sofort, wenn ein Kontakt zwischen Rotor und Schleuse entsteht. So werden Verunreinigungen des Schüttguts durch Metallspäne aufgrund eines unsachgemäßen Betriebs der Schleuse zuverlässig verhindert.

Schließlich bietet Coperion eine Vielzahl spezieller Ausführungen seiner Systeme und Komponenten, die speziell für schlecht fließende Produkte ausgelegt sind. Ein gutes Beispiel ist die Antihaft-Oberflächenbeschichtung Smart Glide Finish (SGF) für Coperion Zellenradschleusen, die das Anhaften von Inhaltsstoffen an den Schleusenoberflächen unterbindet.

» 9. Schlussfolgerung

Der Markt für pflanzenbasierte Fleischersatzprodukte wächst. Dieses schnelle Wachstum ermöglicht es existierenden Herstellern, ihre Produktionskapazitäten zu erhöhen, und schafft ideale Bedingungen für andere Anbieter, in den Markt einzutreten. Neue und existierende Hersteller sollten die technologischen Möglichkeiten betrachten, die zu einem erfolgreichen TVP- und HMMA-Produktionsprozess beitragen.

Das Handling des Rohmaterials ist eine wichtige Komponente der TVP- und HMMA-Produktion. Die Systeme sollten auch Rohmaterialien mit schlechten Fließeigenschaften zuverlässig handhaben können. Sie sollten nahtlos auf den Betrieb des Extruders abgestimmt sein, sodass die Leistungskapazität des gesamten Produktionssystems voll ausgenutzt werden kann.

Coperion realisiert komplette Anlagen für die Produktion von TVP und HMMA und besitzt weltweit Niederlassungen. Mit seinem umfassenden Know-how für den gesamten TVP- und HMMA-Prozess legt Coperion die Anlagen so aus, dass eine sehr hohe Produktqualität und maximale Prozessstabilität zuverlässig erzielt werden. Die Systeme erfüllen alle Standards für hygienegerechtes Design, einschließlich CIP/COP, EHEDG, FSMA, GFSI, USDA und 3A.

Coperion besitzt umfassende Erfahrung mit den Eigenschaften einer Vielzahl von Rohmaterialien und ist mit deren Handling vertraut – unabhängig vom Proteintyp und seiner Quelle. Diese Kenntnisse fließen in das Design der Coperion-Anlagen ein.

Der Coperion ZSK Food Extruder bietet die höchsten verfügbaren Durchsatzkapazitäten auf dem Markt. Die Anlagen decken Durchsätze von der Laborgröße bis hin zum vollen Produktionsmaßstab ab. Ihr modularer Aufbau bietet maximale Flexibilität und Vielseitigkeit für das Prozessdesign.

Zudem betreibt Coperion weltweit Food Test Center, die Kunden zur Verfügung stehen, um neue Rezepturen zu entwickeln oder die Leistungsfähigkeit neuer Rohmaterialien zu testen. Dabei unterstützt Coperion fachlich und technisch, um so den optimalen Produktionsprozess für bestimmte TVP- und HMMA-Produkte festzulegen.



DIE AUTOREN

» **Uta Kühnen** hat Lebensmitteltechnologie an der Technischen Universität Berlin studiert und ist seit 2005 bei Coperion tätig. Uta gehört dem Bereich Process Technology in Stuttgart an und leitet das Global Team Process Technology Food & Pharma.

» **Sharon Nowak** ist Global Business Development Managerin für die Lebensmittel- und Pharmaindustrie bei Coperion und Coperion K-Tron. Sharon verfügt über mehr als 30 Jahre Erfahrung in der Verfahrenstechnik für Lebensmittel und Pharmazeutika. Ihren Abschluss im Fachbereich Chemical/Biochemical Engineering hat sie an der Rutgers University in New Jersey, USA gemacht.

Coperion GmbH

Theodorstraße 10
70469 Stuttgart, Deutschland
Tel.: +49 711 897-0
Fax: +49 711 897-3999

Coperion GmbH

Niederbieger Straße 9
88250 Weingarten, Deutschland
Tel.: +49 751 408-0
Fax: +49 751 408-200

Coperion K-Tron Salina, Inc.

606 North Front Street
Salina, KS 67401, USA
Tel.: +1 785 825-1611
Fax: +1 785 825-8759

Coperion K-Tron Salina, Inc. Sewell Office

590 Woodbury Glassboro Road
Sewell, NJ 08080, USA
Tel.: +1 856 589-0500
Fax: +1 856 589-8113

Coperion K-Tron (Schweiz) GmbH

Lenzhardweg 43/45
5702 Niederlenz, Schweiz
Tel.: +41 62 885-7171
Fax: +41 62 885-7180

info@coperion.com
www.coperion.com

>Europa

Belgien, Luxemburg, Niederlande
Coperion N.V.
Industrieweg 2, 2845 Niel, Belgien
Tel.: +32 3 870-5100
Fax: +32 3 877-0710

Deutschland

Coperion GmbH
Niederlassung Deutschland West
Industriestraße 71a
50389 Wesseling, Deutschland
Tel.: +49 2232 20700-10
Fax: +49 2232 20700-11

Coperion Pelletizing Technology GmbH

Heinrich-Krumm-Straße 6
63073 Offenbach, Deutschland
Tel.: +49 69 989 5238-0
Fax: +49 69 989 5238-25

Coperion K-Tron Deutschland GmbH

Heinrich-Krumm-Straße 6
63073 Offenbach, Deutschland
Tel.: +49 69 8300 899-0
Fax: +49 69 8300 9498

Frankreich

Coperion S.a.r.l.
56 boulevard de Courcerin
77183 Croissy-Beaubourg, Frankreich
Tel.: +33 164 801 600
Fax: +33 164 801 599

Großbritannien

Coperion Ltd.
Coperion K-Tron Great Britain Ltd.
Unit 4, Acorn Business Park
Heaton Lane
Stockport, SK4 1AS, Großbritannien
Tel.: +44 161 209 4810
Fax: +44 161 474 0292

Italien

Coperion S.r.l.
Via E. da Rotterdam, 25
44122 Ferrara, Italien
Tel.: +39 0532 7799-11
Fax: +39 0532 7799-80

Coperion S.r.l. Milan Office

Via XXV Aprile, 49
20091 Bresso (MI), Italien
Tel.: +39 02 241 049-01
Fax: +39 02 241 049-22

Russische Föderation, GUS-Staaten

OOO Coperion
Proezd Serebryakova 14,
Bld. 15, Office 219
129343 Moskau, Russische Föderation
Tel.: +7 499 258 4206
Fax: +7 499 258 4206

Spanien, Portugal

Coperion, S.L.
Balmes, 73, pral.
08007 Barcelona, Spanien
Tel.: +34 93 45173-37
Fax: +34 93 45175-32

>Asien

China

Coperion (Nanjing) Machinery Co. Ltd.
No. 1296 Jiyin Avenue
Jiangning District
Nanjing 211106, PR China
Tel.: +86 25 5278 6288
Fax: +86 25 5261 1188

Coperion (Nanjing) Machinery Co. Ltd.

Taiwan Branch Office
7F-2, No.201, Fuxing N. Road
Songsan District
Taipei City 105403, Taiwan
Tel.: +886 2 2547 5267
Fax: +886 2 2547 5980

Coperion International Trading (Shanghai) Co. Ltd.

Coperion Machinery & Systems (Shanghai) Co. Ltd.
3rd Floor, Building B1
6000 Shenzhuan Road
Dongjing Town, Songjiang District
Shanghai 201619, PR China
Tel.: +86 21 6767 9505
Fax: +86 21 6767 9108

Coperion K-Tron (Shanghai) Co. Ltd.

3rd Floor, Building B1
6000 Shenzhuan Road
Dongjing Town, Songjiang District
Shanghai 201619, PR China
Tel.: +86 21 6767 9505
Fax: +86 21 6767 9108

Indien

Coperion Ideal Pvt. Ltd.
Ideal House, A-35, Sector 64
201307 Noida (U.P.), Indien
Tel.: +91 120 4299 333
Fax: +91 120 4308 583

Japan

Coperion K.K.
4F, Leaf Square Shin-Yokohama Bldg.
3-7-3, Shin-Yokohama,
Kohoku-ku Yokohama,
Kanagawa 222-0033, Japan
Tel.: +81 45 595 9801
Fax: +81 45 595 9802

Saudi-Arabien

Coperion Middle East Co. Ltd.
Street # 327, Sector G, Block 2, Lot # 31
Jubail 2 Industrial City,
Kingdom of Saudi Arabia
Tel.: +966 13 510 4420
Fax: +966 13 510 4421

Singapur

Coperion Pte. Ltd.
Coperion K-Tron Asia Pte. Ltd.
8 Jurong Town Hall Road
#28-01/02/03 The JTC Summit
Singapur 609434
Tel.: +65 641 88-200
Fax: +65 641 88-203

>Amerika

Südamerika

Coperion Ltda.
R. Arinos, 1000
RBCA - Royal Business Center
Anhanguera, Módulo 4
Parque Industrial Anhanguera
06276-032 Osasco - SP, Brasilien
Tel.: +55 11 3874-2740
Fax: +55 11 3874-2757

USA, Kanada, Mexiko, NAFTA

Coperion Corporation
590 Woodbury Glassboro Road
Sewell, NJ 08080, USA
Tel.: +1 201 327-6300
Fax: +1 201 825-6494

Coperion Corporation Wytheville Office

196 Appalachian Drive
Wytheville, VA 24382, USA
Tel.: +1 276 228-7717
Fax: +1 276-227-7044

Coperion Corporation Houston Office

5825 North Sam Houston Pkwy West
Suite 250
Houston, TX 77086, USA
Tel.: +1 281 449-9944
Fax: +1 281 449-4599

Weitere Informationen zum
weltweiten Coperion Netzwerk
unter www.coperion.com