

Anwendungsbeispiel

Dosierung, Schüttguthandling und Extrusion bei der Herstellung von Fleischanalogen

Einführung

Die stetig wachsende Weltbevölkerung und die aufsteigende Mittelschicht in aufstrebenden Märkten wie Indien und Asien haben zu einer steigenden Nachfrage nach Fleisch geführt, während ausgereifere Märkte wie Europa und Amerika aufgrund des wachsenden Gesundheitsbewusstseins und der sich verändernden Marktwirtschaft nach Alternativen zu tierischem Protein suchen. Ein wachsendes Interesse an pflanzlichen Zutaten und ein erhöhter Konsum von pflanzlichen Proteinen sind die Folge.

Beispiele für alternative Proteinquellen sind Texturiertes Pflanzenprotein (Texturized Vegetable Protein TVP) – auch bekannt als Sojaprotein oder Sojafleisch – und Fleischanaloga mit hohem Wasseranteil (High Moisture Meat Analogues HMMA), welche durch Kochextrusion bei hoher Feuchtigkeit hergestellt werden. TVP und HMMA sind nicht nur preisgünstiger, sondern auch umweltfreundlich. Weitere Vorteile sind die längere Haltbarkeit von TVP und ein niedriger Fettanteil.

Dieses Anwendungsbeispiel gibt einen Überblick über die TVP- und HMEC-Prozesse, welche ursprünglich in einem Pilotprojekt entwickelt wurden und nun auf dem Level einer Produktionskapazität implementiert sind, und beschreibt auch die eingesetzten Technologien.

Anwendung und Prozessdetails

Es haben sich zwei sehr unterschiedliche Familien von extrudierten Fleischanalogen im Markt etabliert. Um beste Resultate zu erzielen, werden bei der Herstellung beider Fleischanalogen generell gleichläufige Doppelschneckenextruder eingesetzt, zum Beispiel aus der ZSK Extruderreihe von Coperion.

Da die Rohmaterialien in beiden Fällen hauptsächlich pflanzliche Proteinkonzentrate und Wasser sind, ist der Anlagenaufbau für

Schüttguthandling und -dosierung ähnlich, unterscheidet sich jedoch bei den Proportionen. Die beiden Prozessflussdiagramme auf Seite 3 veranschaulichen die einzelnen Prozessstufen.

Förderung von pulverförmigem Pflanzenprotein zum Extruder

Alternativ zum direkten Eintrag von Proteinkonzentrat in den Extruder, so wie in den Prozessflussdiagrammen dargestellt, wird in einigen Fällen die Hauptsubstanz aus pflanzlichem Eiweiß vor der Extrusion mit einer Vielzahl anderer Zutaten zu einer Pulvermischung vermengt. Bei beiden Varianten kann der Transfer der Mischung oder des Rohmaterials mittels Saugförderung in einen Abscheider erfolgen, der die kontinuierliche Nachfüllung einer darunterliegenden Differentialdosierwaage sicherstellt, welche ihrerseits einen kontinuierlich arbeitenden Extruder beschickt. Eine automatisierte Nachfüllung sichert den konsistenten Materialfluss zu den Differentialdosierwaagen und verbessert so die Prozessqualität.

(Hinweis: Für detailliertere Informationen zu Schüttguthandling und Chargendosierprozessen siehe Anwendungsbeispiele A-800310, A-800311 und A-800316)

Schüttgutförderung

Die Art und Weise des Rohmaterialtransfers ab mehreren Aufnahmequellen kann einen grossen Einfluss auf Gesamtproduktionszeit und Effizienz haben. Bei der Anlieferung und Beförderung von Trockenzutaten können verschiedene Fördertechniken eingesetzt werden. Die Beförderungsart der Zutaten hängt von einer Vielzahl verschiedener Prozessparameter ab, einschliesslich Materialeigenschaften, Förderdistanz, benötigte Förderleistung und Art des Lieferbehälters. Der Optimierung des Schüttguthandling-Systems kommt eine wichtige Rolle im Gesamtprozess zu, ganz besonders bei



Coperion ZSK Doppelschnecken-Extruder mit Coperion K-Tron Doppelschnecken-Dosierwaage

schwerfliessenden Pulvern wie Proteinen. Die Experten bei Coperion und Coperion K-Tron verfügen über umfassende Erfahrung mit der Handhabung und Förderung von Materialien mit schwierigsten Eigenschaften und achten auch darauf einen störungsfreien Materialfluss zu gewährleisten.

Pneumatische Förderung – Vakuum oder Druckluft?

Druckfördersysteme werden typischerweise eingesetzt, um Schüttgüter über grosse Distanzen und mit hohem Durchsatz zu fördern. Anwendungen mit Druckförderung beinhalten oftmals das Beladen und Entladen von grossvolumigen Behältern wie Silos, Zykclone, Güterwaggons, Lastwagen und Big-Bags. Im Gegensatz dazu werden Vakuumfördersysteme (Negativdruck) oft für kleinere Volumen und kürzere Distanzen eingesetzt.

Ein Vorteil von Vakuumsystemen ist die durch das Unterdruckgebläse erzeugte Saugwirkung nach innen, die das Entweichen von Staub in die Umgebung erheblich verringert. Dies ist einer der Gründe, warum Vakuum-

systeme in Anwendungen mit hohen Hygieneanforderungen eingesetzt werden, oder wenn Staubemissionen zu vermeiden sind. Ein weiterer Vorteil ist die einfache Implementierung bei Anlagen mit mehreren Materialaufnahmequellen. Andererseits gibt es bei der Vakuumförderung aufgrund des maximal erzeugbaren Vakuums Limitationen bezüglich Entfernung und Förderleistung.

Zutateneintrag in den Extruder

Die exakte und kontinuierliche Dosierung von Pflanzenprotein und Wasser wie auch von weiteren flüssigen Zutaten und Dampf in das Verfahrensteil des Extruders ist entscheidend für Produktqualität, Prozessstabilität und -zuverlässigkeit. Eine unüberwachte Dosierleistung und Proportionierfehler führen in jedem Abschnitt des Produktionsprozesses zu Qualitätsschwankungen und Rohstoffverschwendung und erhöhen den Gesamtrohstoffpreis. Zum Beispiel können Dosierungenauigkeiten bei der sehr empfindlichen Nassextrusion zu einem Shutdown der Linie führen, sodass der Extruder und die Texturier- und Kühldüse, in

Dosierung, Schüttguthandling und Extrusion bei der Herstellung von Fleischanalogen

der die Faserstruktur entsteht, abgefahren, gereinigt und anschließend neugestartet werden müssen.

Um solche Probleme zu vermeiden, setzen immer mehr Hersteller von Fleischanalogen und Streckmitteln standardmässig die hochpräzisen Differentialdosierer von Coperion K-Tron ein, welche die Prozessstabilität und -zuverlässigkeit erhöhen und eine konstante Produktqualität sicherstellen.

Gravimetrisches Dosieren

Bei der Auslegung einer kontinuierlichen Extruderlinie ist der exakte Eintrag der einzelnen Inhaltsstoffe in den Extrusionsprozess entscheidend für Prozessstabilität und Produktqualität. Aus diesem Grund sind hochpräzise gravimetrische Differentialdosierer die Dosiermethode der Wahl. Sie wägen das Gewicht des dosierten Materials und steuern entsprechend die Dosierleistung, um den gewünschten Sollwert zu erfüllen. Volumetrische Dosierer wägen den Materialfluss nicht, sie fördern lediglich einen bestimmten Volumenstrom pro Zeiteinheit, von dem über einen Kalibrierprozess eine gewichtsbasierte Dosierleistung abgeleitet wird.

Der am häufigsten für kontinuierliche Prozesse eingesetzte gravimetrische Dosierertyp ist der Differentialdosierer (Loss-In-Weight LIW). Differentialdosierer sind üblicherweise auf Waagen montiert oder an Lastzellen aufgehängt. Die Coperion K-Tron Lastzelle ist ein hochpräzises Instrument, das spezifisch für die Leistungs- und Präzisionsanforderungen von dynamischer Dosierung ausgelegt ist. Sie verfügt über die extrem hohe Auflösung von 1:8'000'000 in 20 ms.

Ein Differentialdosierer beinhaltet Trichter und Dosiergerät, die konstruktiv vom Prozess getrennt sind und somit als System kontinuierlich gewogen werden können. Während Schüttgut ausgetragen wird, reduziert sich das Gewicht des Dosiersystems. Die Geschwindigkeit des Dosiergerätes wird so gesteuert, dass die Gewichtsreduktion des Dosiersystems pro Zeiteinheit der gewünschten Dosierleistung entspricht.

Coperion K-Tron hat es sich zur Aufgabe gemacht, innovative Lösungen für eine breite Palette von Anwendungen in der Lebensmittelverarbeitung anzubieten, stets mit Fokus auf effizientem Schüttguthandling auch für schwierigste Materi-

alien. Viele Lebensmittelzutaten, wie z.B. proteinbasierte Pulver, haben sehr ungünstige Fliesseigenschaften, was die präzise Zuführung zum Prozess anspruchsvoll macht. Materialeigenschaften wie diese können im Dosiertrichter zu Brücken- und Hohlrumbildung im Schüttgut führen und die Gesamtleistung beeinträchtigen.

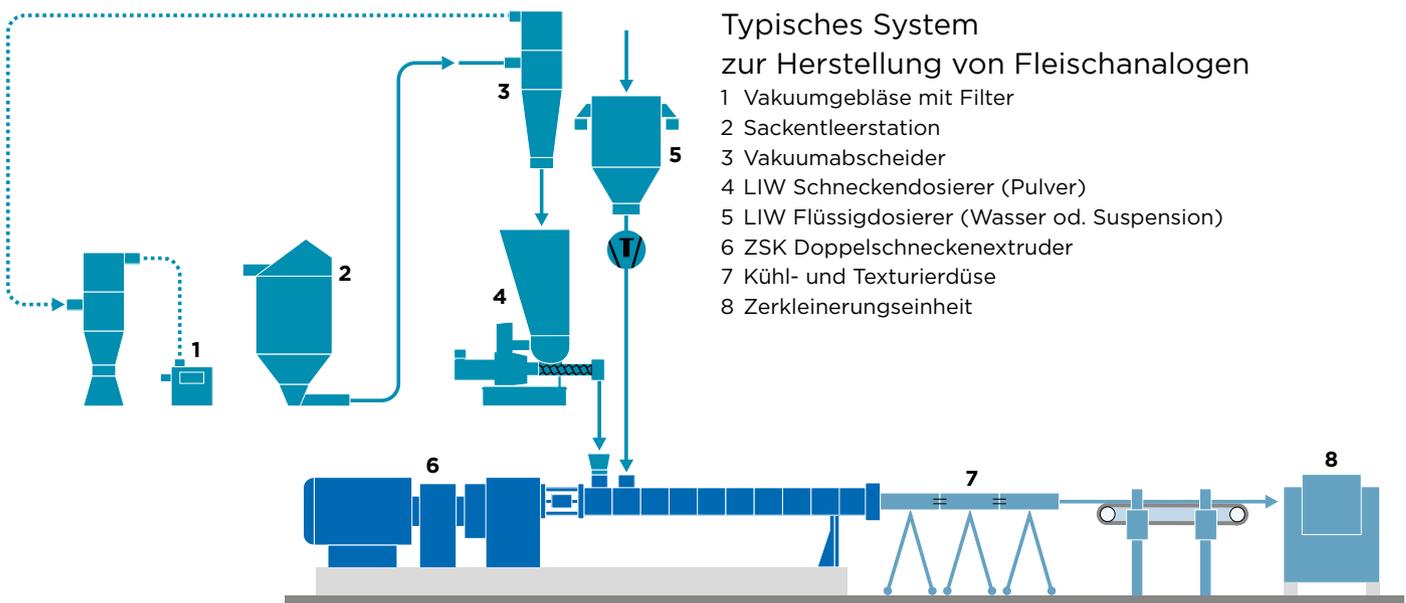
Um diesen Problemen entgegenzuwirken und die Reinigbarkeit von Dosierern und Trichtern zu verbessern, hat Coperion K-Tron den ActiFlow® Schüttgut-Aktivierer entwickelt - eine raffinierte Fließhilfe, welche mit der Steuerung des Differentialdosierers und seinen Lastzellen zusammenarbeitet.

ActiFlow macht den Einsatz von traditionellen Vertikalrührern oder Flexwand-Aktivierung bei Differentialdosierern überflüssig. Dieses einzigartige Gerät benötigt keinen zusätzlichen Kopfraum, verringert Reinigungs- und Produktwechselzeiten und reduziert somit auch den Gesamtarbeitsaufwand und die Kosten. In Zusammenarbeit mit der Dosiersteuerung und dem digitalen Wägesystem stellt es über das Gewicht eine allfällige Veränderung im Materialfluss fest, noch bevor diese zum Problem wird.

Nachfüllen der Differentialdosierer

Die regelmässige Nachfüllung eines Differentialdosierers innerhalb eines kontinuierlichen Prozesses (z.B. bei Extrusion) kann ebenso wichtig sein, wie die Wahl der richtigen Dosier-technologie. Da schnellstmöglich nachgefüllt werden soll, kommen oft Vakuum-Sequenzierabscheider als Nachfüllgeräte zum Einsatz. Das Schüttgut wird mittels Vakuum von der Quelle in einen Vakuumabscheider über dem Differentialdosierer gefördert. Der Abscheider wird bis zu einem festgelegten Füllstand befüllt und hält das Schüttgut, bis eine Nachfüllung angefordert wird. Daraufhin entlädt der Abscheider seinen Inhalt in den Dosiertrichter. Während sich der Abscheider entleert, wird ein Luftstoss durch seinen Filter geleitet, um allfällig anhaftende Materialpartikel vom Filter zu lösen.

Sobald der Abscheider leer ist, wird das Austragsorgan geschlossen und der Füllzyklus beginnt sofort von Neuem, um für die nächste Nachfüllanfrage bereit zu sein. Diese Serie von sequenziellen Nachfüll- und Entladungsschritten wird auch als „Vakuumsequenzierung“ bezeichnet.



Hochpräzise Flüssigkeitszugabe

Wie im Prozessflussdiagramm dargestellt, wird zusätzlich zur Feststoffdosierung über Schüttgut-Differentialdosierwaagen auch Wasser über eine Flüssigkeits-Differentialdosierwaage zugeführt. Flüssigkeiten werden üblicherweise mittels Kolbenpumpe mit Drehzahlregelung dosiert. Der Flüssigkeitstank ist auf einem Wägesystem angebracht und der Massendurch-

satz wird durch Anwendung desselben Differentialgewicht-Steueralgorithmus gesteuert, wie bei der Pulverdosierung beschrieben. Anstatt der Schneckendrehzahl werden hier Pumpengeschwindigkeit und Kolbenhub gesteuert, um somit die Durchflussrate zu erhöhen oder zu senken.

Kleinanteilige Flüssigkomponenten wie Aromen oder andere Suspensionen können nach dem gleichen Prinzip der Differentialdosierung in den Extruder injiziert werden. Die passende Dosierpumpe wird anhand der Flüssigkeitseigenschaften bestimmt.

Die Vorteile dieses gravimetrischen Aufbaus im Vergleich zu einem Durchflussmesser sind die einfachere Kalibrierung und, vor allem, grössere Präzision bei der Dosierung und Steuerung.

Extrusion von Fleischanalogen

Sowohl zur Herstellung von TVP als auch von HMMA werden gleichlaufende Doppelschneckenextruder eingesetzt, wobei sich jedoch die Konfigurationen für diese Produkte grundlegend unterscheiden. Das Verfahrensteil des hoch effizienten ZSK Mv PLUS-Doppelschneckenextruders von Coperion ist als modulares System konzipiert. Es besteht aus mehreren segmentierten Gehäusen, in denen die beiden Schnecken gleichlaufend rotieren. Diese Schnecken sind wiederum modular aufgebaut aus einzelnen für jeden Prozess individuell kombinierten Schneckenelementen. Der grosse Vorteil dieses modularen Prinzips ist die maßgeschneiderte optimale Lösung für jeden einzelnen Extrusionsprozess.

Die Coperion ZSK Mv PLUS-Extruderbaureihe zeichnet sich durch das größte Verhältnis von Außen- zu Innendurchmesser der Schnecken (D_a/D_i) von 1,8 aus. Das macht Coperion-Extruder zu den Systemen mit dem größten freien Volumen im Verfahrensteil auf dem Markt. Durch das große freie Volumen können deutlich größere Durch-

sätze bei deutlich geringerem Platzbedarf realisiert werden.

Diese Vorteile kommen insbesondere bei schwer zu dosierenden Pulvern wie Proteinen zum Tragen. Die ZSK Mv PLUS-Systeme können mit einer Schneckendrehzahl von bis zu 1800 U/min betrieben werden, was ebenfalls kein anderes System auf dem Markt leistet und neue Perspektiven zum Beispiel für die Extrusion von HMMA und TVP eröffnet sowie gänzlich neue Produktstrukturen ermöglicht.

Zusätzlich kann durch die direkte Dampfinjektion in das Verfahrensteil des Extruders der spezifische mechanische Energieeintrag verringert werden sowie thermische Energie im Volumen zugeführt werden. Bei der direkten Dampfinjektion werden Temperatur, Druck und Strömungsgeschwindigkeit des Heißdampfes kontinuierlich gemessen, um die Dosiergenauigkeit akkurat zu ermitteln. Über ein automatisches Ventil wird sodann der Dampfstrom und somit die Dosierleistung gesteuert.

Die Vorteile des ZSK Mv PLUS von Coperion

- Maximale Schneckendrehzahl von 1800 U/min
- Grosses freies Schnecken-volumen - Wichtig für Rohstoffe mit Einzugs-grenze
- Präzise Temperaturkontrolle und Protokollierung der Zylindertemperatur im Verfahrensteil

Extrusion von texturiertem Pflanzenprotein TVP

TVP - auch als Trockentexturat bezeichnet - wird als Fleischersatz oder Streckmittel für Fleischprodukte eingesetzt. Es kann in verschiedenen Grössen und Formen hergestellt und für verschiedene Anwendungen eingesetzt werden, als feineres Granulat oder grössere Brocken, gebrochen oder gemahlen. TVP ist ein trockenes, poröses (expandiertes) Produkt, das unter normalen Umgebungsbedin-

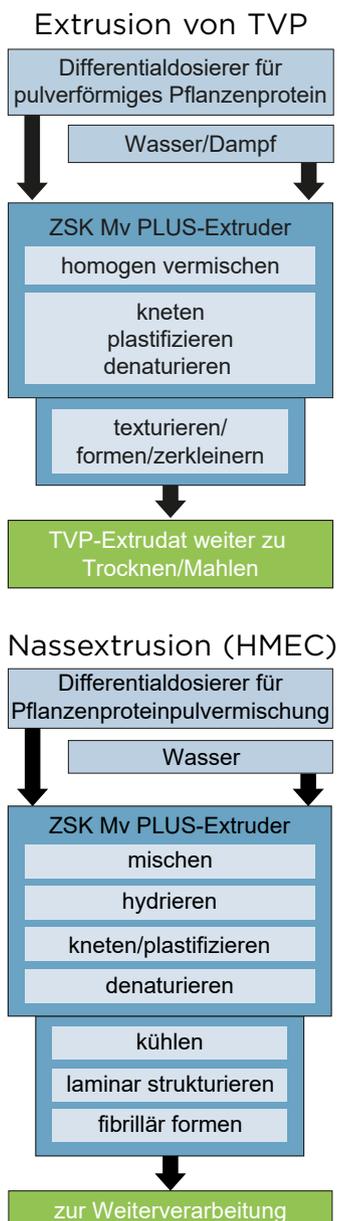
gungen lange haltbar ist. Vor seiner Verwendung muss TVP in Flüssigkeit eingeweicht werden.

Zur Herstellung werden Soja-, Leguminosen- und Weizenproteine sowie Baumwollsaat und andere Proteinarten eingesetzt. Es sind auch hybride Produkte mit Anteilen von Fleisch-, Fisch- oder Insekteneiweiß möglich. Proteinfunktionalität und -konzentration im Rohmaterial sind entscheidend für das Erzielen guter Resultate. Qualitätsparameter für TVP-Produkte sind unter anderem Wasseraufnahme des Extrudats, Faserstruktur, -festigkeit und -länge.

Bei Extrusionsverfahren für TVP wird der Extruder mit einem Verfahrensteil mittlerer Länge ausgestattet und es kommt die Zentrische Granulierung ZGF von Coperion zum Einsatz. Der Haupteinlauf des Extruders wird kontinuierlich mit dem proteinreichen Rohstoff beschickt und im Anschluss wird über gravimetrische Dosierpumpen von Coperion K-Tron Wasser in das Verfahrensteil eingedüst. In bestimmten Fällen erfolgt auch eine direkte Dampfinjektion in das Verfahrensteil. Während des Extrusionsprozesses wird das Material gemischt, hydriert, geknetet, plastifiziert, denaturiert - mittels entsprechendem spezifischem mechanischem Energieeintrag kochextrudiert. Die plastifizierte Masse kann Temperaturen von bis zu 180° C erreichen.

Am Ende des Verfahrensteils wird das Extrudat durch eine Düse aus dem Extruder ausgepresst und dabei so strukturiert, dass ein mehr oder weniger poröses, laminar oder fibrillär strukturiertes expandiertes Texturat mit ausgerichteten Fasern entsteht. Die rotierenden Messerflügel der Zentrischen Granulierung ZGF zerkleinern das Produkt sofort beim Austritt. Das TVP-Granulat wird anschliessend getrocknet und somit stabilisiert, um eine lange Haltbarkeit zu gewährleisten.

TVP kann mit hoher Produktionsleistung und grossen Extrudergrössen produziert werden.



Dosierung, Schüttguthandling und Extrusion bei der Herstellung von Fleischanalogen



Nassextrusion (HMEC) von Fleischanalogen

HMEC dient der Herstellung von hochwertigen Fleischanalogprodukten für Fertiggerichte. Durch die Variation von Rezeptur und Bearbeitungsparametern können die Strukturen unterschiedlicher Fleischarten (zum Beispiel Schweinefleisch, Geflügel oder Rindfleisch) nachgebildet werden. Einer der grössten Vorteile aus Sicht des Konsumenten wie auch des Herstellers ist, dass HMMA-Produkte bezüglich Aussehen und Textur echtem Fleisch erstaunlich ähnlich sind. Tatsächlich sind in einigen Fällen die Unterschiede nicht erkennbar!

Der Wassergehalt von HMMA entspricht in etwa dem von echtem Fleisch, d. h. ungefähr 50 bis 80% Extrusionsfeuchte. Die Endprodukte sind deshalb genauso verderblich wie Fleisch und müssen im Kühl- oder Gefrierschrank gelagert oder zu Konserven verarbeitet werden. Die für die Herstellung von hochwertigem HMMA verwendeten Proteinquellen sind vorwiegend Leguminosen wie Soja, Lupinen, Linsen oder Erbsen. In bestimmten Fällen, z. B. bei der Herstellung von Streckmitteln für Fleischprodukte, werden der Rezeptur geringe Mengen von echtem Fleisch-, Fisch-, Milch- oder Weizenprotein zugesetzt.

Der HMEC-Herstellprozess erfordert ein verhältnismässig langes Verfahrensteil des Extruders sowie eine direkt angeflanschte Kühl- und Texturierdüse. Der Proteinrohstoff wird dem Extruder zudosiert und anschliessend wird Wasser eingedüst. Im Verfahrensteil des Doppelschneckenextruders wird die Masse gemischt, die Proteine hydriert, geknetet, denaturiert, plastifiziert und die Proteinstränge bis auf molekularer Ebene aufgefaltet. Die

plastifizierte Masse wird vom Extruder in die Kühl- und Texturierdüse gedrückt, wo sie in laminarer Strömung abgekühlt wird. Die Masse wird fest und bildet Fasern bzw. fleischähnliche Strukturen, indem das laminare Strömungsprofil „eingefroren“ wird. Das aus der Kühldüse austretende Zwischenprodukt ist zumeist in Form eines gummiartigen Strangs oder Bandes. Dieses Material wird sodann geschnitten und zum nächsten Prozessabschnitt transportiert.

Hygienegerechtes Equipment für die Schüttgutförderung

In jedem der oben beschriebenen Förderprozesse werden pneumatische Fördersysteme und Schüttguthandlingskomponenten von Coperion und Coperion K-Tron eingesetzt, um die Rohstoffe vor der Extrusion zu transferieren und um die extrudierten Produkte zu fördern, nachdem sie die Granulierung oder den gekühlten Spritzkopf verlassen haben. Die verfügbaren Fördersysteme umfassen Druck- und Vakuumsysteme, sowie Dünnstrom- und Dichtstromförderung.

Zellenradschleusen und Weichen in hygienegerechter Ausführung garantieren einen kontaminationsfreien Transfer sowie eine einfache Reinigung bei nassen und trockenen Reinigungsarten. Für diese Komponenten ist eine Reihe verschiedener Optionen erhältlich, wie z.B. EHEDG-approbierte und zertifizierte Konstruktion, Ausführung für komplette CIP-Reinigung und Weichen mit einer Auslegung für bis zu 5 bar, Zellenradschleusen bis zu 1,5 bar.

Zusammenfassung

Die Produktion von TVP und HMMA bietet vegetarischen

oder veganen Konsumenten eine ganze Auswahl an Optionen. Gleichzeitig erweitert sie auch den Speiseplan von nicht vegetarischen Konsumenten um preisgünstige und hochwertige Fleischersatzprodukte und hybride Fleischprodukte. Für den Hersteller bedeuten die umfangreichen, von Coperion und Coperion K-Tron angebotenen TVP- und HMMA-Linien mit Schüttguthandlings- und Extrusionsprozess eine Lösung aus einer Hand, entwickelt von einem Systemhersteller mit umfangreicher Anwendungserfahrung. Zudem sind markante Kosteneinsparungen bei Prozessen und Zutaten durch Effizienzsteigerung möglich. Der Einsatz des vielseitigen und sehr leistungsfähigen ZSK Mv PLUS Doppelschneckenextruders und der Differentialdosierwaagen von Coperion sorgt für hohe Zutatenpräzision, was wiederum Produktqualität und Kosten optimiert.

Die Coperion-Vorteile

- › Komplett Integration des TVP- und HMEC-Produktionsprozesses in das System und somit alles aus einer Hand.
- › Globale Systems Engineering Gruppe mit umfangreicher Anwendungserfahrung mit TVP- und HMMA-Verarbeitungslinien garantiert ein optimales Design mit Fokus auf Produktqualität, Prozessstabilität und Zuverlässigkeit.
- › Die von Coperion und Coperion K-Tron entwickelten Lösungen im Bereich Schüttguthandling und Dosierung reflektieren die umfangreiche Erfahrung mit Standards für hygienegerechtes Design, inklusive CIP/COP, EHEDG, FSMA, GFSI, USDA und 3A wo gefordert.
- › Die Coperion K-Tron Dosiergeräte bieten hohe Genauig-



Coperion K-Tron Doppelschnecken-Dosierwaage mit ActiFlow

keit bei der Dosierung, was wiederum Einsparungen bei Inhaltsstoffen ermöglicht und Prozessstabilität, Zuverlässigkeit sowie eine konstante Produktqualität fördert.

- › Innovative, massgeschneiderte Zellenradschleusen und Weichen von Coperion garantieren langfristig einen zuverlässigen und sicheren Betrieb.
- › Der Einsatz von hocheffizienten ZSK-Extrudern von Coperion sichert dank hoher Schneckendrehzahl einen maximalen Durchsatz und beste Qualität.
- › Das Steuerungssystem der Coperion-Extruder ermöglicht Rezepturmanagement und Rückverfolgbarkeit von Produktchargen (Auftragsmanagement) gemäss Lebensmittelverordnung.
- › Umfassende Service-Dienstleistungen zur Abdeckung Ihrer gesamten Fleischanalog-Produktionslinie und mit einem globalen Service-Netzwerk sowie einer 24/7 Hotline.

Hauptbüros:

Coperion GmbH
Theodorstrasse 10
70469 Stuttgart, Germany
Tel.: +49 (0) 711 897-0
Fax: +49 (0) 711 897-3999

Coperion GmbH
Niederbieger Strasse 9
88250 Weingarten, Germany
Tel.: +49 (0) 751 408-0
Fax: +49 (0) 751 408-200

Coperion K-Tron Salina, Inc.
606 North Front St.
Salina, KS 67401, USA
Tel +1 785 825 1611
Fax +1 785 825 8759

Coperion K-Tron Salina, Inc.
Sewell Office
590 Woodbury-Glassboro Rd
Sewell, NJ 08080, USA
Tel +1 856 589 0500
Fax +1 856 589 8113

Coperion K-Tron (Switzerland) LLC
Lenzhardweg 43/45
CH-5702 Niederlenz
Tel +41 62 885 71 71
Fax +41 62 885 71 80