

УДК 66-963

Особенности процесса динамической экструзии при производстве высокобелковых продуктов

Минаева Л.В. linya99@rambler.ru
Алексеев Г.В.

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО
Институт холода и биотехнологий
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9*

В статье описан метод математического моделирования процесса динамической экструзии, позволяющий описать сам процесс производства и определить пути его совершенствования.

Ключевые слова: динамическая экструзия, высокобелковые продукты, математическое моделирование.

Improving the process of dynamic extrusion of production of high-protein foods

Minayeva L.V., Alexeev G.V.

*Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics.
Institute of Refrigeration and Biotechnology
191002, St. Petersburg, Lomonosov str., 9*

In the article describes the method of mathematical modeling of the dynamic process of extrusion, which allows to describe the manufacturing process and identify ways to improve it.

Keywords: dynamic extrusion, high-protein products, mathematical modeling.

Комбикормовая промышленность России - сравнительно новая и быстроразвивающаяся отрасль, которая входит в аграрнопромышленный комплекс страны. Появилась она в результате специализации и обособления наиболее сложной части кормоприготовления - производства комбикормов. Этому в значительной степени способствовало интенсивное развитие пищевой промышленности и зернового хозяйства, которые стали основными поставщиками сырья для комбикормовых заводов. Задача комбикормовой промышленности - обеспечить производство для животных всех видов ее выходов и половозрастных групп полноценных продуктов кормления. От того, какой корм будут получать птицы, свиньи, поросята, коровы, телята, кролики и другие зависят

их продуктивность, устойчивость к различным заболеваниям, сохранность животных, экономный расход компонентов, особенно зерновых, входящих в комбикорм.

Основным требованием к комбикормовой промышленности является полная сбалансированность рационов, которая достигается путем оптимизации рецептов (формулы) комбикормов. Это связано с тем, что при производстве комбикормов используется до 100 видов разнообразного сырья, определяющими из которых являются зерновые компоненты, а также бобовые, крупяные и масличные культуры.

Зоотехнической наукой и практикой доказано, что наиболее эффективно скармливать животным не отдельные корма, а их смеси, состоящие из различных компонентов. В этом случае продуктивность животных повышается до 20%, а расход кормов сокращается. При современном интенсивном развитии промышленного животноводства всех его отраслей (птицеводство, свиноводство, скотоводство, коневодство, рыбоводство, пушное звероводство и т. д.) практически все вещества, необходимые для нормальной жизнедеятельности, животные, находясь на клеточном и станковом содержании, получают с комбикормами.[4]

Проблему белковой недостаточности можно решить путем создания продуктов питания с заранее спроектированным составом, сбалансированным по питательным компонентам. Использование различных белков животного происхождения в технологии экструдатов, позволяет получить продукты с высоким содержанием белка, с более сбалансированным аминокислотным и жирнокислотным составом. В полной мере это направление можно реализовать при производстве комбикормов, изготавливаемых при помощи экструзии.[1]

Целью настоящей работы является разработка адекватной математической модели процесса динамической экструзии, а также разработка усовершенствованной конструкции формующего инструмента экструдеров для формования белковых экструдатов.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: математическое моделирование процесса экструзии в передматричной зоне одношнекового экструдера; исследование основных закономерностей процесса обработки зернобобовой смеси на одношнековом экструдере и выбор его рациональных параметров; исследование реологических и теплофизических характеристик модельной зернобобовой смеси; разработка поликомпонентной смеси для производства продуктов питания сбалансированного состава; усовершенствовать конструкцию формующего инструмента экструдера для производства высокобелковых продуктов методами динамической экструзии; определение пищевой, биологической и энергетической ценности зернобобовых экструдатов;

Исходя из требований максимальной биологической ценности и технологических особенностей экструзионной обработки зернобобовых продуктов, обоснован состав исходной смеси, состоящей из смеси зерна, люпина, фасоли и чечевицы.

Реологические исследования различных ученых позволяют отнести расплавы продуктов на зерновой основе находящиеся в зонах дозирования и формования к вязким

неньютоновским жидкостям, подчиняющимся степенному закону Оствальда-де-Вилля.[2]

$$\tau = \mu \cdot \gamma^{n-1} \cdot \dot{\gamma} \quad (1)$$

где коэффициенты μ и n находились согласно методике, предложенной Крыжановским В.О.

Используя уравнение (1) и экспериментальные данные можно определить давление в предматричной зоне экструдера, производительность. Также можно определить их зависимость от влажности исходного сырья и температуры расплава.

Полученные уравнения позволяют с достаточной точностью прогнозировать их изменения в исследуемом диапазоне значений факторов.

В результате математической обработки экспериментальных данных, была определена также зависимость времени нахождения продукта в экструдере от частоты вращения шнеков (в диапазоне 0,5-2,5 с⁻¹):[2]

$$\tau = \frac{1,677}{0,150 + 0,123 \cdot \lg(0,798 \cdot \omega)} \quad (2)$$

Таким образом, время находится в обратной пропорциональной логарифмической зависимости от частоты вращения рабочих органов экструдера.

Задачей математического моделирования является выявление застойных зон в предматричной зоне экструдера и нахождение рекомендуемой геометрии формирующей матрицы, позволяющей добиться выравнивания полей скоростей. Это позволит увеличить производительность экструдера за счет уменьшения сопротивления матрицы и улучшить качество готовой продукции.

Для решения поставленной задачи использовался метод конечных элементов. Модели включают в себя классические уравнения механики сплошных сред: уравнения Навье - Стокса, неразрывности, которые дополнялись граничными условиями.

При моделировании использовались следующие допущения: процесс стационарный, скорость на входе распределяется равномерно и принимается постоянной, температура расплава постоянна.

По результатам расчета построили график зависимости скорости истечения экструдата от избыточного давления в экструдере (рис. 1).[1]

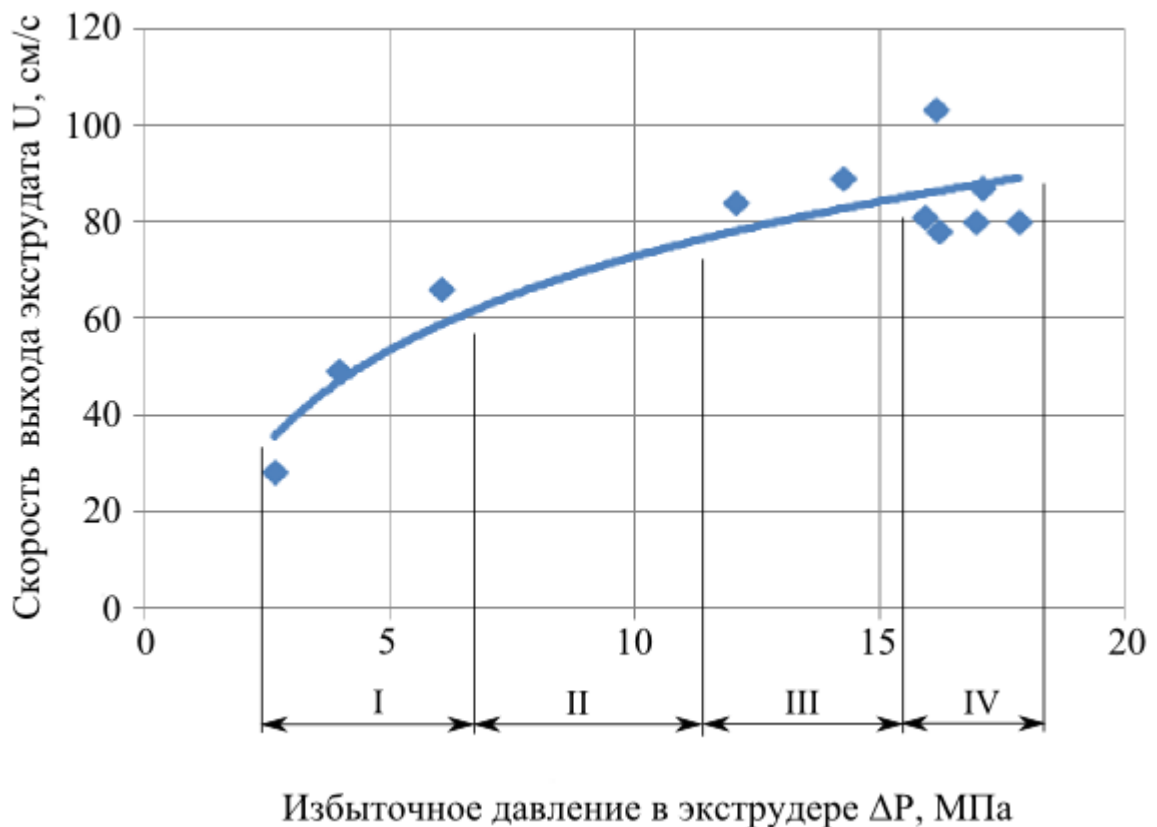


Рис. 1 Зависимость скорости выхода экструдата U (м/с) из формующего инструмента экструдера от избыточного давления в экструдере ΔP (МПа)

На рис. 1 можно выделить четыре зоны. В первой зоне расплав корпуса изделия выдавливается под небольшим давлением и на выходе из формующего инструмента представляет собой вязкую массу высокой влажности. Во второй зоне по мере увеличения давления при достижении величины сдвигающих усилий больше определенной критической величины начинается вспучивание массы, выходящей из формующего инструмента. В третьей зоне давление внутри экструдера практически соответствует рабочему давлению. Четвертая зона соответствует зоне устойчивого протекания процесса экструзии, давление и скорость истечения полуфабриката достигают рабочих значений, из формующего инструмента выходит экструдированный корм.

Изменение величины отверстия выходной матрицы также существенно влияет на свойств готовой продукции. Нами была спроектирована экспериментальная модель головки экструдера, позволяющая проводить исследования свойств готовых комбикормов при изменении параметров выходного отверстия матрицы. В последующих работах будут реализованы данные исследования и выведена зависимость изменений параметров готовой продукции от размеров выходного отверстия.

Список литературы:

1. Гончаровский Д.А. Совершенствование формующего инструмента экструдеров для производства коэкструдированных изделий с начинкой. Орел, 2012 г.
2. Попов А.С. Математическое моделирование процесса экструзии в двухшнековом экструдере при производстве зерновых чипсов. Санкт-Петербург, 2006 г.
3. Скопицева Е.В. Комбикормовая промышленность России. экономика и жизнь №18.
4. Сысоев В.Н., Толпекин С.А. Техника и технология производства комбикормов. Учебное пособие, - Самара, 2004. -524 с.
5. Татаренков Е.А. Научное обеспечение процессов производства экструдированных текстуратов методом динамического формирования. – Воронеж: ГОУВПО «ВГТА», 2011. – 20 с.