

Введение в рецептуру в виде функционально пищевой добавки женьшеневого сиропа, сиропа малины и шиповника позволило повысить физиологическую ценность продукта. Экстракт корня женьшеня обладает выраженными адаптогенными, тонизирующими свойствами благодаря содержанию гликозидов гинзенозидов (0,4 %), интенсифицирует обменные процессы организма, стимулирует функции эндокринной системы, способствует созданию необходимого уровня гормонов в организме.

Технологический процесс разработанного напитка состоит из следующих операций: приемка и очистка молока коровьего обезжиренного; растворение двухкомпонентного сывороточного белка в подогретом до температуры 55 ± 2 °С обезжиренном коровьем молоке; внесение женьшеневого сиропа, сиропа малины и шиповника в соответствии с рецептурой; перемешивание и гомогенизация. Пастеризация напитка предусмотрена при температуре 80 – 90 °С в течении 15 секунд и охлаждение до температуры 37 ± 2 °С. При этой температуре смесь приобретает вязкотекучую консистенцию. Затем смесь перемешивают в течение 10 мин, охлаждают продукт до 20 – 25 °С, расфасовывают и охлаждают до температуры хранения 4 – 6 °С.

Полученный молочный продукт представляет собой однородную непрозрачную жидкость, без хлопьев белка. Вкус и запах - чистый, в меру сладкий, с привкусом и запахом добавленных компонентов. Цвет – белый с розовым оттенком, равномерный по всей массе.

Создание технологии функционального молочного напитка на основе обезжиренного коровьего молока позволяет использовать все составные части молока, расширить ассортимент отечественных напитков в рационе питания спортсменов. Разработанный напиток способен удовлетворить потребность организма, подвергающегося большим физическим и нервно-психическим нагрузкам, в необходимых биологически активных компонентах, активировать анаболические процессы и процессы восстановления работоспособности спортсменов.

ОЦЕНКА ЗАХВАТЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПРЕСС-ГРАНУЛЯТОРОВ С ТОРЦЕВЫМ ОГРАНИЧЕНИЕМ КЛИНОВИДНОГО РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА

И. Т. Ковриков, А. С. Кириленко

ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург

Критерии ресурсосбережения и энергоэффективности являются ключевыми при проектировании оборудования в условиях модернизации и технологического обновления пищевых производств.

Данные критерии лежат в основе совершенствования любого технологического процесса в АПК. В зерноперерабатывающем производстве одним из энергоемких является механический процесс прессового гранулирования предварительно измельченного растительного сырья, осуществляемый в вальцово-матричных пресс-грануляторах экструзионного типа с кольцевой матрицей. В настоящее время в таких пресс-грануляторах осуществляют переработку агросырья при производстве гранулированных комбикормов и их отдельных компонентов, при производстве топливных гранул из отходов АПК (соломы, лузги и др.), а также с целью получения гранулированных промежуточных продуктов для повышения эффективности дальнейшего технологического процесса (например, гранулирование жмыха перед экстракцией на маслоэкстракционных заводах).

Анализ конструкций пресс-грануляторов с кольцевой матрицей и направлений их совершенствования позволяет выделить такие недостатки в рабочем процессе, которые не могут быть эффективно устранены в рамках существующих конструкций. Так, реализация ра-

бочего процесса в них характеризуется боковым выдавливанием прессуемого материала, то есть его перемещением в направлении торцов рабочих органов и выдавливанием за пределы области контакта [1, 2, 3].

Установлено, что боковое выдавливание обрабатываемого материала является существенной проблемой процесса прессового гранулирования и имеет целый ряд отрицательных аспектов, связанных с неоптимальным расходом материала через граничные сечения зоны экструзии (зоны выдавливания в фильеры матрицы) и неравномерным распределением контактных напряжений по ширине рабочих органов. Однако указанная проблема бокового выдавливания, несмотря на то, что является очевидной, остается без достаточного внимания со стороны исследователей.

Нами показано, что боковое выдавливание предопределено тем, что контактные поверхности матрицы и каждого из прессующих роликов образуют незамкнутое клиновидное рабочее пространство [1]. Теоретически и экспериментально установлено, что повышение производительности пресс-гранулятора с кольцевой матрицей, снижение энергоемкости рабочего процесса в нем, улучшение механического качества готовых гранул и увеличение долговечности рабочих органов может быть обеспечено путем реализации в клиновидном пространстве пресс-гранулятора схемы плоского деформированного состояния прессуемого материала за счет торцевого ограничения данного пространства дополнительными контактными поверхностями. Такие поверхности могут быть введены в структуру прессующего механизма в виде двух цилиндрических ограничительных колец как самостоятельных рабочих элементов его конструкции [4].

Нелинейный многопараметрический процесс прессового гранулирования описывается комплексной математической моделью, связывающей (через напряженное состояние обрабатываемого материала на контактных поверхностях рабочих органов) технологические параметры процесса, реологические свойства сырья, конструктивные и кинематические параметры пресс-гранулятора с его критериями оптимизации [2].

Однако качественная оценка замкнутого клиновидного рабочего пространства пресс-гранулятора может быть осуществлена (в рамках системного исследования) до определения параметров напряженного состояния материала. Предварительная оценка, позволяющая обосновать целесообразность предлагаемого технического решения, может быть проведена, исходя из характеристики заполняемости клиновидного пространства прессуемым материалом.

Заполняемость клиновидного пространства характеризуется радиальной высотой захватываемого слоя h_0 прессуемого материала. Этот слой формируется как за счет новой порции подаваемого в камеру прессования материала, так и за счет части материала, поступающего на повторное сжатие в результате его бокового выдавливания и выдавливания в зазор между матрицей и прессующим роликом. В условиях торцевого ограничения клиновидного пространства боковое выдавливание исключается (полностью или частично), а расход в зону опережения сокращается, и для обеспечения того же значения h_0 требуется увеличение подачи материала. Высоте h_0 соответствуют угловые параметры φ_0 , α_0 (углы поворота матрицы и прессующего ролика относительно собственных осей вращения) и $\gamma_0 = \alpha_0 - \varphi_0$.

Углы φ_0 и α_0 аналогичны углам захвата, а угол γ_0 – углу защемления для реального твердого тела.

Предварительная оценка клиновидного пространства для двух- и трехвальцовых конструкций пресс-грануляторов в условиях свободной и ограниченной поперечной деформации прессуемого материала осуществлена по теоретическому углу $\gamma_{0\max}$ с определенными допущениями. Контактные поверхности матрицы, прессующих роликов и ограничительных колец заменены эквивалентными поверхностями с динамическим коэффициентом контакт-

ного трения при установившемся процессе $\operatorname{tg}\phi_{\text{уст}}$, где $\phi_{\text{уст}}$ – угол трения (комплексная же математическая модель процесса предполагает контактные касательные напряжения максимальными и равными пределу текучести на сдвиг прессуемого материала). Условие, определяющее захватывающую способность замкнутого клиновидного пространства, представлено в виде неравенства двух трансцендентных функций:

$$f_I(k_r, \gamma_{0\max}) \leq f_{II} \left[\phi_{\text{уст}}, f \left(\frac{h_{\text{ring}}}{b}, \frac{h_{\text{ring}}}{r_m}, k_r, \gamma_{0\max} \right) \right]; \quad (1)$$

$$f_I = \frac{1 - \sqrt{1 - 2k_r + k_r^2 \cos^2 \gamma_{0\max}} - k_r \cos \gamma_{0\max}}{\arcsin \left(\frac{k_r}{1 - k_r} \sin \gamma_{0\max} \right)}; \quad (2)$$

$$f_{II} = \frac{2\operatorname{tg}\phi_{\text{уст}} \left[1 + f \left(\frac{h_{\text{ring}}}{b}, \frac{h_{\text{ring}}}{r_m}, k_r, \gamma_{0\max} \right) \right]}{1 - \operatorname{tg}^2 \phi_{\text{уст}} \left[1 + 2f \left(\frac{h_{\text{ring}}}{b}, \frac{h_{\text{ring}}}{r_m}, k_r, \gamma_{0\max} \right) \right]}, \quad (3)$$

где r_m – радиус контактной поверхности кольцевой матрицы, м; k_r – относительный радиус прессующего ролика (по отношению к r_m), м; b – рабочая ширина матрицы, м; $h_{\text{ring}} \leq 0,5k_r r_m$ – радиальная высота ограничительного кольца, которой соответствуют углы образования замкнутого клиновидного пространства φ_{ring} и γ_{ring} , м.

Функция $f \left(\frac{h_{\text{ring}}}{b}, \frac{h_{\text{ring}}}{r_m}, k_r, \gamma_{0\max} \right) = f_{III}$ является фактором качественной оценки замкнутого клиновидного пространства для $k_r < 0,5$ и определяется формулой:

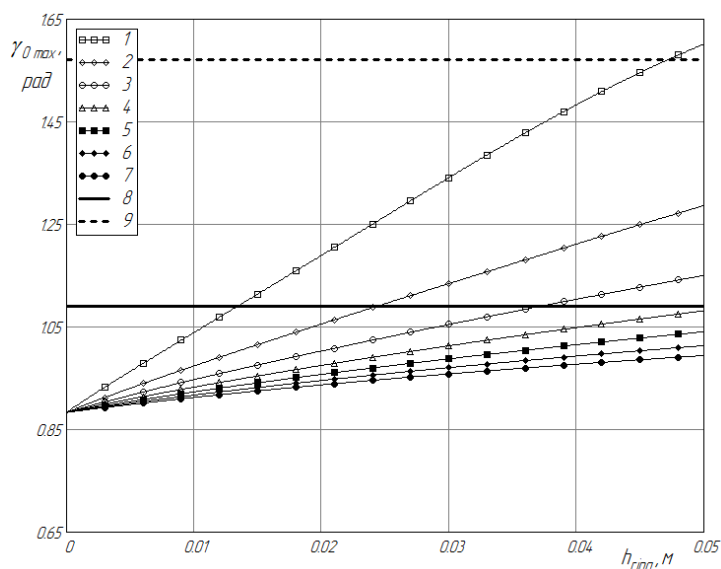
$$f_{III} = \frac{1}{3} \frac{h_{\text{ring}}^2}{br_m} \operatorname{ctg} \frac{\gamma_{\text{ring}}}{2} \arcsin^{-1} \left(\frac{k_r}{1 - k_r} \sin \gamma_{0\max} \right) + \frac{h_{\text{ring}}}{b} \left[1 - \varphi_{\text{ring}} \arcsin^{-1} \left(\frac{k_r}{1 - k_r} \sin \gamma_{0\max} \right) \right]. \quad (4)$$

В условиях незамкнутого клиновидного пространства $f_{III} = 0$, а $f_{II} = \operatorname{tg}(2\phi_{\text{уст}})$.

Для промышленных пресс-грануляторов диапазоны значений рабочей ширины и радиуса контактной поверхности матрицы составляют соответственно $b = 0,06 - 0,3$ м и $r_m = 0,2 - 0,5$ м. На рисунке 1 в качестве примера по формулам (1)-(4) построены зависимости $\gamma_{0\max} \left(\frac{h_{\text{ring}}}{b} \right)$ при различных значениях рабочей ширины матрицы из указанного диапазона b и среднем значении $r_m = 0,35$ м ($k_r = 0,48$; $\operatorname{tg}\phi_{\text{уст}} = 0,2$). Ограничения $\gamma_{0\max} = \gamma_{0\text{adm}}$ и $\gamma_{0\max} = \pi/2$ рад установлены, исходя из необходимости предотвращения сгуживания и дилатансии прессуемого материала перед прессующим роликом. Исходя из условий рисунка 1, при наличии ограничительных колец высотой $h_{\text{ring}} = 0,02$ м угол $\gamma_{0\max}$ возрастает в среднем на 14 %. В целом анализ диаграмм показывает положительный характер изменения теоретического угла $\gamma_{0\max}$ с увеличением радиальной высоты ограничительного кольца, что теоре-

тически обосновывает эффективность создания дополнительных контактных поверхностей в клиновидном пространстве пресс-гранулятора.

Предварительная оценка замкнутого клиновидного пространства отражает только функцию ограничительных колец как дополнительных контактных поверхностей. Действительные предельно допустимые значения параметров заполняемости замкнутого клиновидного пространства и, соответственно, его захватывающая способность определяются из влияния этих параметров на критерии оптимизации рабочего процесса на основании анализа комплексной математической модели пресс-гранулятора, а также результатов экспериментальных исследований.



1-7 – $b = 0,06 - 0,3$ м (шаг 0,04 м); 8 – $\gamma_{0\max} = \gamma_{0\text{adm}}$; 9 – $\gamma_{0\max} = \pi/2$

Рисунок 1 – Влияние радиальной высоты ограничительного кольца на захватывающую способность пресс-гранулятора

Список источников

1. Ковриков, И.Т. Повышение производительности пресс-грануляторов путем ограничения рабочего пространства дополнительными контактными поверхностями [Текст] / И.Т. Ковриков, А.С. Кириленко // Известия вузов. Пищевая технология. – 2011. – № 5-6. – С.78-81.
2. Ковриков, И.Т. Математическое моделирование рабочего процесса в вальцово-матричном пресс-грануляторе с торцевым ограничением клиновидного пространства [Электронный ресурс] / И.Т. Ковриков, А.С. Кириленко // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – № 01(75). – С.132-155. - Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/01/pdf/42.pdf>.
3. Кириленко, А.С. Структурное совершенствование вальцово-матричных пресс-грануляторов с кольцевой матрицей [Текст] / И.Т. Ковриков, А.С. Кириленко // Материалы международной заочной научно-практической конференции «Наука и техника в современном мире». Часть II. – Новосибирск, 2012. – С.73-78.
4. Пат. 2412819 Российская Федерация, МПК⁸ В 30 В 11/20, В 28 В 3/18. Пресс-гранулятор [Текст] / Ковриков И.Т., Кириленко А.С.; заявитель и патентообладатель Оренбургский гос. ун-т. – № 2009145789/02; заявл. 09.12.2009; опубл. 27.02.2011, Бюл. № 6. – 10 с.