

СВОЙСТВА СМЕСИ ИЗ ЯЧМЕНЯ И ОВОЩНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПРИ ЭКСТРУДИРОВАНИИ

О. ШАПОВАЛЕНКО, д-р техн. наук,

О. ЕВТУШЕНКО, канд. техн. наук, Национальный университет пищевых технологий, г. Киев

И. УЛЯНИЧ, Уманский национальный университет садоводства

В наши дни для ускорения роста животных, улучшения здоровья и повышения продуктивности все чаще в их рационы включают натуральные добавки растительного происхождения. Особенно актуально применение овощного сырья, обладающего высокими питательными и кормовыми свойствами, содержащего сбалансированный комплекс белков, липидов, аминокислот, органических кислот, минеральных веществ, витаминов и являющегося естественным подкислителем. Однако на Украине, где постоянно отмечается увеличение запасов овощного сырья, оно недостаточно используется по причине отсутствия современных технологий промышленного применения в качестве натуральной добавки для откорма животных. В связи с этим разработка новых технологий производства кормов считается одним из приоритетных направлений расширения кормовой базы и снижения затрат на ее создание.

В лаборатории кафедры «Технология хранения и переработки зерна» Уманского национального университета садоводства были проведены исследования физических и технологических свойств зерновых кормов, содержащих овощные компоненты. Объектом исследований стали экструдированные корма из целых зерен ячменя с добавлением измельченных до частиц толщиной 1—2 мм и длиной 4—10 мм столовых свеклы (в одном опыте) и моркови (в другом) в различном количестве; 2,5%; 5,0; 10,0; 15,0 и 22,5%. Опытные образцы продукта получали на лабораторном одношнековом экструдере КЭШ-1 с регулируемым кольцевым зазором, позволяющим изменять параметры экструдирования. Применялся метод кратковременной экструзии при одновременном воздействии интенсивных механических напряжений и температуры 120—170Х. Частота вращения шнека составляла 610 об/мин. Техническая характеристика экструдера приведена в таблице 1.

Таблица 1. Техническая характеристика экструдера КЭШ-1

Производительность, кг/ч	20—40
Номинальная мощность электродвигателя (АИРМ100L6У2), кВт	3,7
Частота вращения вала электропривода, об/мин	945
Частота вращения шнека, об/мин	610
Номинальный крутящий момент на валу шнека, Нм	31
Габариты, мм	
длина	580
ширина	400
высота	1250
Масса, кг	83

В приемный бункер экструдера равномерно подавалась предварительно подготовленная смесь. В экструдере она проходила через зоны загрузки, сжатия, гомогенизации и экструзии. Площадь поперечного сечения кольцевого зазора, через который выдавливался продукт, оставалась постоянной и составляла 19,5 мм² (эквивалентно диаметру выходного отверстия матрицы — 5 мм). Затем экструдат измельчали до частиц размером 6—12 мм и определяли их параметры, характеризующие технологические и физические свойства продукта: влажность, объемную массу, коэффициенты расширения и набухания, угол естественного откоса. Эти показатели позволяют выявить структурные изменения смеси ячменя с овощными компонентами, происходящие при экструзионной обработке, и оценить качество продукта.

Установлено, что в процессе экструдирования, независимо от вида овощного компонента и его концентрации в смеси, снижалась влажность конечного продукта на 26—31,5%. Это способствует длительному его хранению и рациональному использованию в кормлении животных (табл. 2). Наибольшее снижение массовой доли влаги наблюдалось в образцах зерна без овощных компонентов. Ввод в смесь измельченной столовой свеклы в различных концентрациях повышал массовую долю влаги экструдата на 1,9—17,5%, при добавлении моркови — на 1,8—16,5%.

При экструдировании изменялись и другие физические и технологические характеристики изучаемых продуктов в зависимости от доли овощных компонентов в смеси (табл. 3). Так, степень набухания ячменя до экструдирования составляла 4,17 мл/г, после — 8,53 мл/г. Это связано с тем, что в экструдате между частицами имеются небольшие полости, и при его погружении в воду она проникает в эти полости, вызывая набухание продукта и, соответственно, увеличение объема. Добавление к ячменю овощных компонентов в разной концентрации снижало степень набухания смеси, то есть она меньше впитывала в себя воду.

Таблица 2. Изменение массовой доли влаги при экструдировании, %

Смесь ячменя с овощными			Свекла столовая			Морковь столовая		
			Массовая доля влаги	К исходному значению	± к исходному значению	Массовая доля влаги	К исходному значению	± к исходному значению
Содержание Овощного компонента, %	0	исходная	14,3	100,0	—	14,3	100,0	—
		экструдат	9,8	68,5	-31,5	9,8	68,5	-31,5
	2,5	исходная	16,2	100,0	—	16,1	100,0	—
		экструдат	11,6	71,6	-28,4	11,1	68,9	-31,1
	5,0	исходная	18,2	100,0	—	18,0	100,0	—
		экструдат	13,4	73,6	-26,4	12,8	71,1	-28,9
	10,0	исходная	22,1	100,0	—	21,6	100,0	—
		экструдат	16,0	72,3	-27,6	15,8	73,2	-26,9
	15,0	исходная	26,0	100,0	—	25,3	100,0	—
		экструдат	18,5	71,2	-28,9	18,1	68,8	-31,2
	22,5	исходная	31,8	100,0	—	30,8	100,0	—
		экструдат	23,2	73,0	-27,0	22,8	74,0	-26,0

Также с повышением доли овощных добавок изменялась объемная масса смеси — она увеличивалась с 637,1 до 778,7 кг/м³ в исходном сырье и с 138,4 до 272,1 кг/м³ в экструдированном продукте. Кроме того, увеличивался угол естественного откоса в исходном сырье с 32 до 46,4 град. Экструдирование способствовало увеличению этого показателя на 0,7—9,4 град. При содержании овощного компонента в количестве 22,5% величины угла естественного откоса исходной смеси и экструдата практически совпадали.

Таблица 3. Физико-технологические характеристики смеси ячменя с овощными компонентами

Смесь ячменя с овощными компонентами			Объемная масса, кг/м ³	Степень набухания, мл/г	Угол естественного откоса, град	Коэффициент расширения	
Свекла столовая							
Содержание Овощного компонента, %	0	исходная	637,1	4,17	32,0	—	
		экструдат	138,4	8,53	41,4	31,5	
	2,5	исходная	654,9	4,13	34,6	—	
		экструдат	147,7	8,43	41,3	31,1	
	5,0	исходная	668,7	4,07	36,7	—	
		экструдат	156,4	8,23	42,7	28,9	
	10,0	исходная	692,4	3,98	39,8	—	
		экструдат	654,9	7,40	43,2	26,9	
	15,0	исходная	732,1	3,89	41,5	—	
		экструдат	198,7	6,07	43,8	31,2	
	22,5	исходная	778,7	3,74	46,4	—	
		экструдат	272,1	4,43	45,4	26,0	
	Морковь столовая						
	Содержание Овощного компонента, %	0	исходная	637,1	4,17	32,0	—
			экструдат	138,4	8,53	41,4	3,23
		2,5	исходная	667,7	4,12	34,6	—
экструдат			145,3	8,49	41,5	3,19	
5,0		исходная	700,4	4,06	36,2	—	
		экструдат	151,5	8,43	42,6	2,28	
10,0		исходная	700,4	3,92	39,3	—	
		экструдат	194,0	7,77	31,2	1,65	
15,0		исходная	733,1	3,83	42,4	—	
		экструдат	245,2	6,65	43,9	1,34	
22,5		исходная	774,7	3,73	45,9	—	
		экструдат	262,7	4,56	45,2	1,05	

После выхода продукта из экструдера через кольцевой зазор происходит резкое высвобождение влаги вследствие значительного перепада давления и температуры. Это приводит к образованию высокопористой структуры и значительному увеличению поперечного размера экструдата, которое характеризуется коэффициентом расширения. Коэффициент расширения экструдата из ячменя составлял 3,23 и уменьшался при повышении количества овощных компонентов в его составе. Наименьшая величина этого показателя — 1,02—1,05 отмечалась при вводе 22,5% овощного компонента в смесь.

Установлены также технологические параметры процесса экструдирования: производительность, рабочий ток, энергопотребление, удельный расход электроэнергии и их зависимость от содержания овощных компонентов в смеси (табл. 4). При увеличении доли овощных продуктов производительность экструдера снижалась, при меньшем добавлении — от 2,5 до 5% — она оставалась почти на том же уровне.

Таблица 4. Технологические параметры процесса экструдирования

Смесь ячменя с овощными компонентами		Производительность, кг/ч	Рабочий ток, А	Энергопотребление, кВт	Удельный расход электроэнергии, кВт/ч*т
Свекла столовая					
Содержание Овощного компонента, %	0	26,5	6,4	3,1	117,6
	2,5	27,6	6,1	3,0	107,7
	5,0	26,8	5,4	2,6	98,1
	10,0	22,3	4,9	2,4	107,4
	15,0	19,6	4,6	2,2	114,4
	22,5	18,2	4,8	2,3	128,5
Морковь столовая					
Содержание Овощного компонента, %	0	26,5	6,4	3,1	117,6
	2,5	26,7	6,3	3,1	115,0
	5,0	25,4	5,5	2,7	114,0
	10,0	21,8	5,0	2,4	111,7
	15,0	13,6	4,7	2,3	123,1
	22,5	17,3	4,9	2,4	133,9

Экструдирование ячменя в чистом виде потребовало больших затрат электроэнергии, чем в смеси с овощными компонентами. Однако наибольшее количество электроэнергии затрачивалось при экструдировании смеси, содержащей 22,5% овощных компонентов.

Экструдирование смеси ячменя с овощными компонентами, содержащимися в ней до 10%, проходит без заметного увеличения расхода электроэнергии. При внесении овощей в количестве 15% ее расход растет. При дальнейшем повышении количества овощных компонентов в смеси процесс экструдирования можно считать неудовлетворительным из-за резкого ухудшения физических и технологических характеристик экструдата.

Таким образом, оптимальной дозой, при которой наряду с высокими качественными характеристиками обеспечиваются наилучшие экономические показатели, является 10%-ный ввод овощных компонентов в зерновую смесь при производстве из нее экструдированного корма.