

## Изучение органолептических свойств композитных зерновых экструдатов при различных условиях экструзии

Фролов Д.И., Шептак Т.В.

**Аннотация.** В статье изучались органолептические свойства композитных смесей из ячменя, чечевицы и тыквы. Были изучены цветовые характеристики экструдатов в зависимости от состава смеси, влажности и температуры экструзии. Независимыми переменными, выбранными для эксперимента, были: пропорции смеси (ячменная мука: чечевичная мука: тыквенная мука) (Mix) – (50: 42: 8, 60: 32: 8, 70: 22: 8, 80: 12: 8, 90: 2: 8); содержание влаги (W), 13, 15, 17, 19 и 21%, и температура цилиндра (T), 115, 125, 135, 145 и 155 °С. Переменными отклика были цветовые характеристики экструдатов: L\*, a\*, b\* - цветовые координаты в системе Lab; H\* - цветовой тон; C\* - насыщенность. Цветовые характеристики экструдатов на основе ячменя улучшаются при более высоких значениях влажности сырья и температурах экструзии. Экструдированные образцы оценивали органолептически на внешний вид, текстуру, аромат и общую приемлемость. Из 20 образцов экструдатов 14 образцов получили приемлемость выше 3 баллов по пятибалльной шкале.

**Ключевые слова:** экструзия, мука, ячмень, тыква, чечевица, органолептические свойства.

**Для цитирования:** Фролов Д.И., Шептак Т.В. Изучение органолептических свойств композитных зерновых экструдатов при различных условиях экструзии // Инновационная техника и технология. 2021. Т. 8. № 1. С. 22–26.

## Study of the organoleptic properties of composite grain extrudates under various extrusion conditions

Frolov D.I., Sheptak T.V.

**Abstract.** The article studied the organoleptic properties of composite mixtures of barley, lentils and pumpkin. We studied the color characteristics of extrudates depending on the composition of the mixture, humidity and temperature of extrusion. The independent variables chosen for the experiment were: mix proportions (barley flour: lentil flour: pumpkin flour) (Mix) - (50: 42: 8, 60: 32: 8, 70: 22: 8, 80: 12: 8, 90: 2: 8); moisture content (W), 13, 15, 17, 19 and 21%, and cylinder temperature (T), 115, 125, 135, 145 and 155 ° C. The response variables were the color characteristics of the extrudates: L \*, a \*, b \* - color coordinates in the Lab system; H \* - color tone; C \* - saturation. The color performance of barley-based extrudates is improved at higher raw material moisture and extrusion temperatures. The extruded samples were evaluated organoleptically for appearance, texture, flavor and general acceptability. Of the 20 samples of extrudates, 14 samples received an acceptability higher than 3 points on a five-point scale.

**Keywords:** extrusion, flour, barley, pumpkin, lentils, organoleptic properties.

**For citation:** Frolov D.I., Sheptak T.V. Study of the organoleptic properties of composite grain extrudates under various extrusion conditions. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2021. Vol. 8. No. 1. pp. 22–26. (In Russ.).

### Введение

Считается, что антиоксиданты способствуют благотворному воздействию зерна, фруктов и овощей посредством нескольких механизмов, таких как прямая реакция и подавление свободных ради-

калов, хелатирование переходных металлов, уменьшение пероксидов и стимуляция антиоксидантной защиты активности ферментов.

Ячмень - это растение, из семян которого производят солод, продукты для завтрака и корм для животных. Ячмень с высоким содержанием белка

Таблица 1 – Значения независимых переменных в закодированной форме

Независимые переменные		Уровни в закодированной форме				
		-1,68	-1	0	1	1,68
Состав смеси (соотношение)	Mix	50:42:8	60:32:8	70:22:8	80:12:8	90:02:8
Содержание влаги (%)	W	13	15	17	19	21
Температура цилиндра (° C)	T	115	125	135	145	155

Таблица 2 – Дисперсионный анализ соответствия экспериментальных данных моделям поверхности отклика

Зависим. Перемен.	SS модели и SS остатков (2**3) центр. комп. план, nc=8 ns=6 n0=2 Опыт=16									
	Множеств R	Множеств R2	SS Модель	Cc Модель	MS Модель	SS Остаток	Cc Остаток	MS Остаток	F	p
L*	0,587	0,345	36,896	9	4,100	70,190	10	7,019	0,58	0,784
a*	0,996	0,992	2,692	9	0,299	0,021	10	0,002	142,84	0,000
b*	0,927	0,860	15,594	9	1,733	2,548	10	0,255	6,80	0,003
H*	0,998	0,996	14,029	9	1,559	0,050	10	0,005	311,33	0,000
C*	0,928	0,862	15,888	9	1,765	2,541	10	0,254	6,95	0,003

лучше всего подходит для кормления животных или солода, который будет использоваться для производства пива с большим содержанием добавок. Из-за превосходных питательных свойств и лечебного значения ячмень считается крайне востребованной культурой в настоящее время. Его альтернативное использование в производстве солода и пива, в том числе и экструзионно обработанный [1, 2, 3].

Бобовые культуры богаты незаменимыми аминокислотами, особенно лизином [4]. Бобовые, наряду со злаками, представляют собой основной растительный источник белков в рационе человека. Они также обычно богаты пищевыми волокнами и углеводами. Чечевицу готовят несколькими способами, включая замачивание, варку, проращивание/проращивание, ферментацию, жарку и методы сухого нагрева. Другие способы получить от нее пользу - это обработанная чечевица и закуски из чечевицы.

Каротиноиды содержащиеся в тыкве являются основным источником витамина А для большинства людей, живущих в развивающихся странах, где дефицит витамина А все еще распространен. Бета-каротин, присутствующий в тыкве, превращается в организме в витамин А и играет решающую роль в профилактике хронических заболеваний во взрослой жизни благодаря своим антиоксидантным способностям [5].

Целью исследования было изучение органолептических свойств композитных зерновых экструдатов при различных условиях экструзии.

#### Объекты и методы исследований

Ячмень и чечевица, закупаются на местном рынке и измельчались мельницей в мелкий порошок. Тыкву сушили в сушилке горячим воздухом при температуре 70 °C и измельчали в миксере в

муку мелкого помола. Все три вида муки просеивали через сито (200 мкм).

Состав смеси был сделан путем смешивания ячменя, чечевицы и тыквы. Содержание тыквы оставалось постоянным (8%) во всех пяти обработках. Содержание ячменя изменялось от 50 до 90%, чечевицы от 2 до 42%. Все ингредиенты взвешивали отдельно и просеивали через сито, перемешивали и хранили для дальнейшего использования.

При выполнении работы были использованы общепринятые стандартные методы исследований.

Все эксперименты по экструзии проводили с использованием одношнекового лабораторного экструдера ЭК-40 (диаметр шнека 40 мм) с использованием фильеры диаметром 3 мм.

Программа Statistica 10 была использована для составления плана эксперимента, проведения статистического анализа и использовалась для разработки, оценки эффектов и получения поверхностей отклика.

Центральное композиционное планирование эксперимента использовалось для оценки влияния переменных процесса экструзии на удельную механическую энергию и физические свойства экструдатов.

Органолептические свойства экструдата определялись по 5-балльной шкале (внешний вид, текстура, вкус и общая приемлемость).

#### Результаты и их обсуждение

Независимыми переменными, выбранными для эксперимента, были: пропорции смеси (ячменная мука: чечевичная мука: тыквенная мука) (Mix) – (50: 42: 8, 60: 32: 8, 70: 22: 8, 80: 12: 8, 90: 2: 8); содержание влаги (W), 13, 15, 17, 19 и 21%, и температура цилиндра (T), 115, 125, 135, 145 и 155 °C. Значения независимых переменных в закодированной форме представлены в таблице 1.

Таблица 3 – Влияние условий обработки на цветовые координаты экструдатов на основе ячменя с добавлением чечевицы и тиквы

Состав смеси Mix (%) (Ячм :Чеч:Тык)	Содержание влаги W (%)	Температура цилиндра T (°C)	L*	a*	b*	H*	C*
-1	-1	-1	44,82	1,99	25,11	85,46	25,18
-1	-1	1	42,2	1,33	22,4	86,6	22,43
-1	1	-1	45,41	2,34	25,31	84,71	25,41
-1	1	1	46,4	1,72	24,25	85,94	24,31
1	-1	-1	46,23	2,22	23,32	84,56	23,42
1	-1	1	46,6	2,39	24,56	84,44	24,67
1	1	-1	44,63	2,61	23,09	83,55	23,23
1	1	1	43,68	2,87	25,19	83,5	25,35
-1,68	0	0	43,09	1,44	23,28	86,46	23,32
1,68	0	0	42,97	2,61	24,35	83,88	24,48
0	-1,68	0	43,38	2,06	25,39	85,36	25,47
0	1,68	0	46,7	2,6	25,46	84,16	25,59
0	0	-1,68	42,66	2,33	22,81	84,16	22,92
0	0	1,68	44,51	2,14	23,74	84,84	23,83
0	0	0	47,06	2,27	22,94	84,34	23,05
0	0	0	50,18	2,3	23,22	84,34	23,33
0	0	0	42,71	2,35	24	84,4	24,11
0	0	0	47,06	2,27	22,94	84,34	23,05
0	0	0	50,18	2,3	23,22	84,34	23,33
0	0	0	42,71	2,35	24	84,4	24,11

Mix (%) – состав смеси (Ячм – ячмень; Чеч – чечевица; Тык – тиква); W (%) – содержание влаги; T (°C) – температура цилиндра; L\*, a\*, b\* – цветовые координаты в системе Lab; H\* – цветовой тон; C\* – насыщенность.

Таблица 4 – Баллы, выставленные субъективным методом оценки

№	Состав смеси Mix (%) (Ячм :Чеч:Тык)	Содержание влаги W (%)	Температура цилиндра T (°C)	Общая приемле- мость
1	60:32:08	15	125	3,01
2	80:12:08	15	125	3,73
3	60:32:08	19	125	3,06
4	80:12:08	19	125	2,57
5	60:32:08	15	145	3,18
6	80:12:08	15	145	3,13
7	60:32:08	19	145	3,12
8	8:12:08	19	145	3,03
9	50:42:08	17	135	3,29
10	90:02:08	17	135	3,11
11	70:22:08	13	135	3,17
12	70:22:08	21	135	3,24
13	70:22:08	17	115	2,94
14	70:22:08	17	155	3,04
15	70:22:08	17	135	2,96
16	70:22:08	17	135	2,72
17	70:22:08	17	135	3,32
18	70:22:08	17	135	2,96
19	70:22:08	17	135	2,72
20	70:22:08	17	135	3,32

Переменными отклика были цветовые характеристики экструдатов: L\*, a\*, b\* – цветовые координаты в системе Lab; H\* – цветовой тон; C\* – насыщенность.

Влияние условий обработки на цветовые координаты. Общая приемлемость экструдатов на основе ячменя, содержащих чечевицу и тикву.

Модели для всех цветовых координат были значимыми, и на все координаты значительно влияли включение чечевицы и тиквы, влажность смеси и температура цилиндра. Ни одна из моделей не показала значительного отсутствия соответствия, что указывает на то, что все полиномиальные модели второго порядка коррелировали с измеренными данными. Все параметры показали высокую адекватную точность. Достаточно хороший коэффициент детерминации показал, что модели, разработанные для экструдата, оказались адекватными. Предсказанный R-квадрат оказался в соответствии со скорректированным R-квадратом для всех цветовых координат. Качественные показатели моделей приведены в таблице 2. Цвет, важный фактор качества, напрямую связан с приемлемостью пищевых продуктов. L\* обозначает яркость, a\* красноту и b\* желтизну экструдатов. Средние значения L\*, a\* и b\* экструдатов, представленные в таблице 3, находились в диапазоне от 42,2 до 50,18, от 1,33 до 2,87 и от 22,4 до 25,46 соответственно.

Изменение цвета во время процесса экструзии

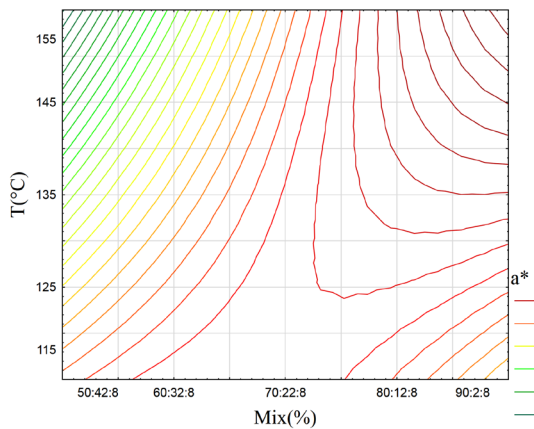


Рис. 1. Влияние состава смеси и температуры цилиндра на  $a^*$  экструдатов ячменя, содержащих чечевицу и тыкву

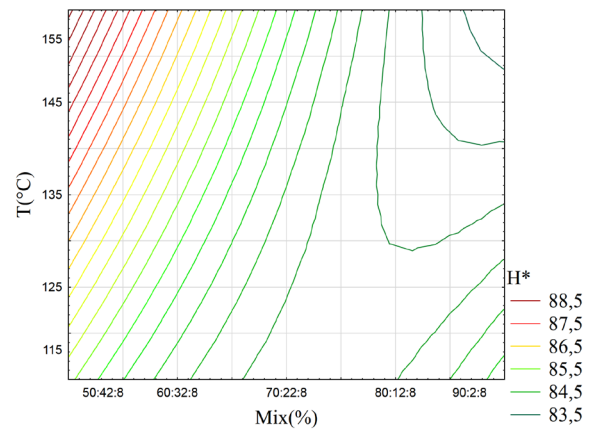


Рис. 4. Влияние состава смеси и температуры цилиндра на угол цветового тона экструдатов на основе ячменя с добавлением чечевицы и тыквы

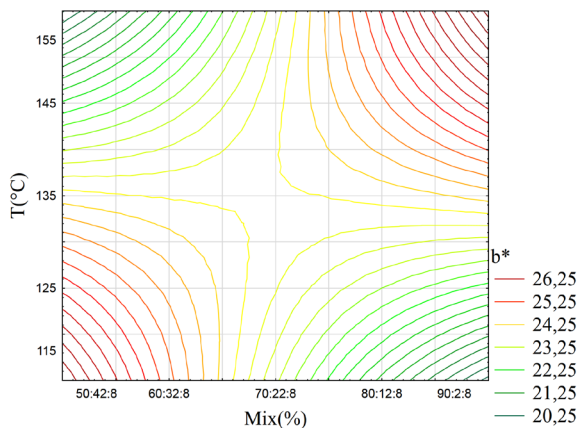


Рис. 2. Влияние состава смеси и температуры цилиндра на  $b^*$  экструдатов ячменя с добавлением чечевицы и тыквы

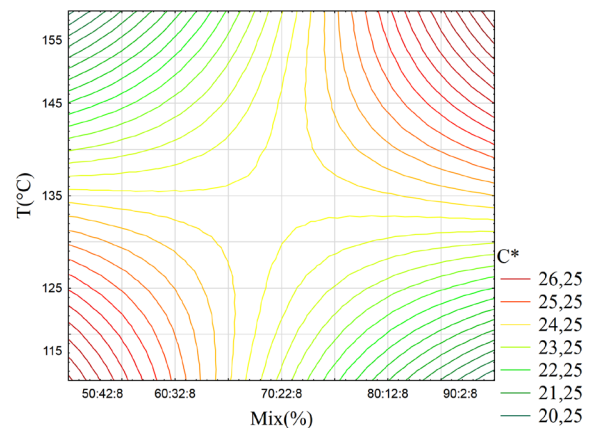


Рис. 5. Влияние состава смеси и температуры цилиндра на насыщенность экструдата на основе ячменя с добавлением чечевицы и тыквы

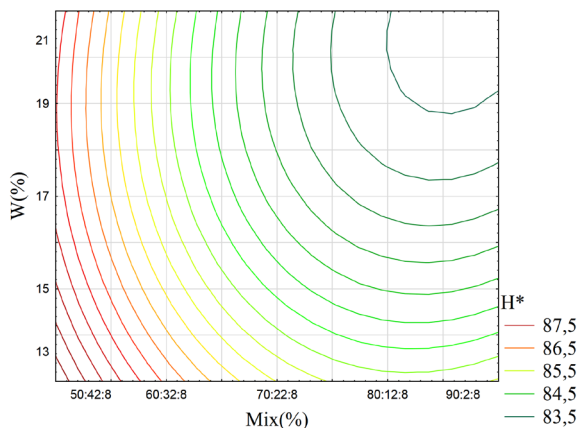


Рис. 3. Влияние состава смеси и влажности на угол цветового тона экструдатов на основе ячменя с добавлением чечевицы и тыквы

чивается значение приведенной яркости  $L^*$  (Таблица 3). При изменении состава смеси и повышении влажности значение  $a^*$  увеличивается, тогда как повышение температуры цилиндра снижает значение  $a^*$  (рис. 1). Изменение состава сырья увеличивает содержание влаги, а температура экструзии увеличивает значение  $b^*$  смешанного экструдата, т.е. интенсивность желтизны экструдатов увеличивается (рис. 2).

Дисперсионный анализ и графики поверхности отклика (рис. 3 и 4) показали, что угол цветового тона увеличивался с увеличением температуры цилиндра экструдера и уменьшался с изменением состава смеси и увеличением содержания влаги. С изменением состава сырья содержание насыщенности увеличивалось, что могло быть связано с повышением температуры и влажности (рис. 5).

Органолептическая оценка (общая приемлемость)

Экструдированные образцы оценивали органолептически на внешний вид, текстуру, вкус и общую приемлемость полу-обученной группой из 10 человек с использованием 5-балльной шкалы. Из 20 образцов только 6 образцов с порядковыми номерами 4, 13, 15, 16, 18 и 19 были признаны удовлетворительными с общей оценкой приемлемости менее трех (таблица 4).

также может быть индикатором, который используется для оценки интенсивности процесса с точки зрения химических и пищевых изменений [6]. Реакция Майяра и карамелизация влияют на яркость экструдатов. На цвет экструдированных продуктов влияют температура, состав сырья, время пребывания; давление и сила сдвига [7].

Изменение состава смеси увеличивает влажность, а повышение температуры цилиндра увели-

## Выводы

Цветовые характеристики экструдатов на основе ячменя улучшаются при более высоких значениях влажности сырья и температурах экструзии.

## Литература

- [1] Оптимизация состава зернопродуктов при получении пивного сусла с использованием экструдированного ячменя / Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Д.И. Фролов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. № 6 (22). С. 103–109.
- [2] Перспективы использования экструдированной гречихи в пивоварении и хлебопечении / Г.В. Шабурова, П.К. Воронина, А.А. Курочкин, Д.И. Фролов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 4. С. 79–83.
- [3] Технологические аспекты регулирования выхода экстракта при получении пивного сусла / П.К. Гарькина, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2020. Т. 8. № 2. С. 13–20.
- [4] Chemical composition and physicochemical properties of extruded buckwheat / P.K. Garkina, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov, G.V. Shaburova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 640. № 2. P. 022037.
- [5] Usha R., Lakshmi M., Ranjani M. Nutritional, sensory and physical analysis of pumpkin flour incorporated into weaning mix // Malaysian Journal of Nutrition. 2010. Т. 16. № 3. С. 379–387.
- [6] Ilo S., Liu Y., Berghofer E. Extrusion Cooking of Rice Flour and Amaranth Blends // LWT - Food Science and Technology. 1999. Vol. 32. № 2. P. 79–88.
- [7] George M. Extrusion cooking: technologies and applications edited by R Guy Woodhead Publishing, Cambridge // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2003. Vol. 83. Extrusion cooking. № 4. P. 361–361.

Экструдированные образцы оценивали органолептически на внешний вид, текстуру, аромат и общую приемлемость. Из 20 образцов экструдатов 14 образцов получили приемлемость выше 3 баллов по пятибалльной шкале.

## References

- [1] Optimization of the composition of grain products when obtaining beer wort using extruded barley / G.V. Shaburova, A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, D.I. Frolov // XXI century: the results of the past and the problems of the present plus. 2014. No. 6 (22). pp. 103-109.
- [2] Prospects for the use of extruded buckwheat in brewing and baking / G.V. Shaburova, P.K. Voronina, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2014. No. 4. pp. 79–83.
- [3] Technological aspects of regulating the yield of the extract when obtaining beer wort / P.K. Garkina, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov // Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2020. Vol. 8. No. 2. pp. 13–20.
- [4] Chemical composition and physicochemical properties of extruded buckwheat / P.K. Garkina, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov, G.V. Shaburova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 640. No. 2. P. 022037.
- [5] Usha R., Lakshmi M., Ranjani M. Nutritional, sensory and physical analysis of pumpkin flour incorporated into weaning mix // Malaysian Journal of Nutrition. 2010. Vol. 16. No. 3, pp. 379–387.
- [6] Ilo S., Liu Y., Berghofer E. Extrusion Cooking of Rice Flour and Amaranth Blends // LWT - Food Science and Technology. 1999. Vol. 32. No. 2. P. 79–88.
- [7] George M. Extrusion cooking: technologies and applications edited by R Guy Woodhead Publishing, Cambridge // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2003. Vol. 83. Extrusion cooking. No. 4. P. 361–361.

## Сведения об авторах

## Information about the authors

<p><b>Фролов Дмитрий Иванович</b> кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(937) 408-35-28 <b>E-mail:</b> surr@bk.ru</p>	<p><b>Frolov Dmitriy Ivanovich</b> PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(937) 408-35-28 <b>E-mail:</b> surr@bk.ru</p>
<p><b>Шентак Тимур Валерьевич</b> аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p><b>Sheptak Timur Valerievich</b> postgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>