

УДК 664.2

ПЕТЮШЕВ Н. Н., *РОЩИНА Е. В., *ЛИСОВСКАЯ Д. П.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЯЗКОСТИ КАРТОФЕЛЬНЫХ ЭКСТРУЗИОННЫХ КРАХМАЛОВ

*Белорусский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт пищевых продуктов,
*Белорусский торгово-экономический технический университет
потребительской кооперации*

(Поступила в редакцию 30.09.2004)

Введение. Техническое перевооружение картофелекрахмального производства в Республике Беларусь предусматривает организацию выпуска модифицированных крахмалов [1]. В связи с простотой, эффективностью и технологической гибкостью наиболее перспективным является экструзионный способ обработки крахмала. Свойства экструзионных крахмалов, структурные особенности оценивают, как правило, по вязкости, ее изменениям в процессе нагревания. В литературных источниках имеются некоторые сведения об изменениях вязкости крахмалов под влиянием процесса экструзии [2, 3]. Однако в этих исследованиях в основном отражается изменение вязкости экструзионных крахмалов в зависимости от типа экструдера (большинство лабораторных и зарубежных) или параметров экструдирования. Исследования не отражают влияние экструзионной обработки на вязкостные свойства в зависимости от широкого диапазона нагревания, градиентов сдвига, зональных особенностей исходного нативного крахмала.

Цель исследований — установить количественные различия вязкости (в зависимости от режимов нагревания и разных градиентов сдвига) экструзионных картофельных крахмалов, выработанных на двухшнековом экструдере «РЗ-КЭД-88» при температурных режимах 140, 160, 170 °С без дополнительного увлажнения из нативного крахмала предприятий-изготовителей, расположенных в разных зонах.

Материалы и методы исследования. Исследовались следующие экструзионные картофельные крахмалы: КЭ2-140(Р), КЭ2-140(З), КЭ2-160(Р), КЭ2-160(З), КЭ2-170(Р), КЭ2-170(З), КЭ2-170(П). Здесь: КЭ — крахмал экструзионный, 2 — выработан на двухшнековом экструдере; 140, 160, 170 °С — температурный режим экструдирования; (Р), (З), (П) — завод-изготовитель нативного крахмала: Р — Рогозницкий (Гродненская область), З — Заспенский (Гомельская область), П — польский (импортируется в Республику).

Вязкость исследуемых крахмалов (5%-ных водных дисперсий) определена на ротационном вискозиметре «Реотест-2.1» в интервале скоростей сдвига $27\div 1310,6 \text{ с}^{-1}$ и диапазоне температур $20\div 100 \text{ °С}$ с интервалом 10 °С .

Результаты и их обсуждение. Как видно из данных таблицы, начальные вязкостные свойства экструдатов проявляются при градиентах сдвига $27; 48,5; 81 \text{ с}^{-1}$ и в небольшом диапазоне температур ($20\text{—}30 \text{ °С}$). При этом не устанавливаются связи между температурой экструдирования или происхождением крахмала. Далее установлено, что вязкостные свойства регистрируются во всем диапазоне исследуемых температурных параметров ($20\text{—}100 \text{ °С}$) при определенном градиенте сдвига. Так, для КЭ2-140(З), КЭ2-140(Р), КЭ2-160(З), КЭ2-160(Р) характерным является проявление этих свойств, начиная с градиента сдвига $145,6 \text{ с}^{-1}$. При таком же градиенте сдвига проявляются вязкостные свойства и у польского крахмала, выработанного при температуре экструдирования 170 °С .

Однако при режимах экструдирования 170 °С вязкостные свойства КЭ2-(Р) и КЭ2-(З) регистрируются при скорости сдвига $242,7 \text{ с}^{-1}$.

Вязкость картофельных экструзионных крахмалов, выработанных на двухшнековом экструдере

Градиент сдвига, с ⁻¹	Вязкость 5%-ных водных дисперсий, мПа · с								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
КЭ2-140 (Р)									
27,0	12,17	—	—	—	—	—	—	—	—
48,5	12,31	10,09	8,45	—	—	—	—	—	—
81,0	12,16	12,16	8,11	6,08	6,08	4,05	4,05	—	—
145,6	12,39	10,14	7,88	5,63	5,63	4,51	4,51	3,38	2,61
242,7	12,16	10,14	8,41	6,08	5,41	4,39	4,05	3,04	2,25
436,9	12,01	9,76	7,88	6,01	4,88	4,13	3,66	3,00	2,63
728,1	11,49	9,46	7,32	5,74	4,73	4,05	3,49	2,93	2,70
1310,6	10,89	8,95	7,07	5,51	5,51	3,75	3,19	3,88	2,61
КЭ2-140 (З)									
81,0	10,14	8,11	6,08	5,07	5,97	4,05	—	—	—
145,6	11,26	9,01	6,19	5,63	4,51	3,94	2,82	2,25	2,25
242,7	10,81	8,11	6,08	5,41	4,39	4,05	2,70	2,70	2,37
436,9	10,51	8,26	6,01	5,26	4,51	3,75	3,00	2,63	2,25
728,1	10,36	8,11	6,08	5,18	4,51	3,60	3,15	2,59	2,15
1310,6	9,95	7,57	5,82	4,98	4,13	3,44	2,88	2,25	2,13
КЭ2-160 (Р)									
48,5	10,14	10,14	6,76	—	—	—	—	—	—
81,0	10,14	10,14	8,11	6,08	5,07	—	—	—	—
145,6	11,56	10,14	7,88	5,63	4,51	4,50	3,38	3,38	3,38
242,7	11,49	10,14	7,43	5,41	4,73	4,73	3,72	2,70	2,70
436,9	10,89	10,14	7,51	6,01	5,26	4,13	3,38	3,00	2,63
728,1	10,87	9,80	7,21	5,63	4,96	4,05	3,60	3,04	2,70
1310,6	10,26	9,33	6,78	5,44	4,76	3,82	3,25	2,75	2,50
КЭ2-160 (З)									
48,5	10,14	8,45	—	—	—	—	—	—	—
81,0	8,11	7,10	6,08	5,07	4,05	—	—	—	—
145,6	9,01	7,32	5,63	4,51	3,94	3,38	2,70	2,82	2,82
242,7	8,78	6,76	6,08	4,73	4,05	3,38	2,70	2,70	2,70
436,9	8,63	6,76	5,63	4,51	4,13	3,75	3,00	2,63	2,63
728,1	8,11	6,76	5,52	4,46	4,05	3,60	3,20	2,70	2,37
1310,6	7,70	6,52	5,36	4,25	3,88	3,25	2,94	2,60	2,25
КЭ2-170 (Р)									
48,5	6,76	—	—	—	—	—	—	—	—
81,0	6,08	6,08	5,07	—	—	—	—	—	—
145,6	7,31	5,63	4,51	3,69	3,38	2,82	2,25	2,25	—
242,7	7,43	5,41	4,73	3,83	3,38	2,70	2,70	2,70	1,35
436,9	7,13	5,63	4,51	3,75	3,38	3,00	2,63	2,25	1,50
728,1	6,87	5,41	4,51	3,83	3,33	2,93	2,48	2,25	1,58
1310,6	6,69	5,13	4,32	3,69	3,23	2,75	2,38	2,19	1,44
КЭ2-170 (З)									
81,0	6,08	—	—	—	—	—	—	—	—
145,6	6,76	5,19	3,94	3,38	2,82	3,38	2,32	—	—
242,7	7,43	5,41	4,73	3,72	2,70	2,70	2,37	1,89	1,69
436,9	6,76	5,98	4,51	3,75	4,51	3,00	2,44	1,88	1,69
728,1	6,66	5,41	4,51	3,60	3,15	2,70	2,65	2,03	1,80
1310,6	6,38	5,19	4,19	3,50	2,97	2,60	2,32	2,00	1,75
КЭ2-170 (И)									
27,0	12,17	—	—	—	—	—	—	—	—
48,5	13,51	13,51	10,14	6,76	—	—	—	—	—
81,0	14,19	12,16	10,14	8,11	6,08	4,05	4,05	—	—
145,6	14,64	11,82	10,14	6,76	5,63	4,50	4,50	3,38	2,25
242,7	14,53	11,82	9,46	6,76	6,08	4,73	4,05	3,38	2,70
436,9	13,70	11,07	8,45	6,76	5,63	4,50	3,75	3,00	2,63
728,1	12,95	10,70	8,00	6,64	5,41	4,05	3,60	2,93	2,70
1310,6	12,14	9,89	7,70	6,19	5,01	4,00	3,25	2,75	2,44

Установлено, что при температуре 20 °С при указанных градиентах сдвига вязкость водных дисперсий по всем исследуемым экструдатам является наивысшей. По вязкости исследуемые крахмалы можно разделить на три группы: I — с вязкостью выше 12 мПа·с; II — с вязкостью от 9 до 12 мПа·с; III — с вязкостью ниже 9 мПа·с. К I группе относятся экструзионные крахмалы КЭ2-170(II) и КЭ2-140(P), ко II группе — КЭ2-140(З), КЭ2-160(P) и (З), к III — КЭ2-170(P) и (З). Экструзионные картофельные крахмалы, относимые ко II и III группам по вязкости, по-видимому, содержат значительное количество олигосахаридов с молекулярной массой ниже 2000 и представлены линейными углеводами, не имеющими α -1,6-связей. Как известно из литературных источников [4], при экструдировании картофельного крахмала расщепляются α -1,4-связи амилозы и боковые цепи амилопектина. После экструзии остаются составные части амилопектина — «скелетная» цепь, имеющая СП 45 и боковые цепи с 2—3 АГЕ, что и обуславливает более низкие значения вязкости.

Однако экструдат польского крахмала отличается повышенной вязкостью, что, очевидно, связано с особенностями строения исходного нативного крахмала, а также с технологией экструдирования, по-инному влияющими на изменение «скелетной» цепи экструдата.

На рис. 1—2 видно, что при одних и тех же градиентах сдвига при увеличении температуры нагревания экструзионных крахмалов, независимо от зоны получения исходного крахмала,

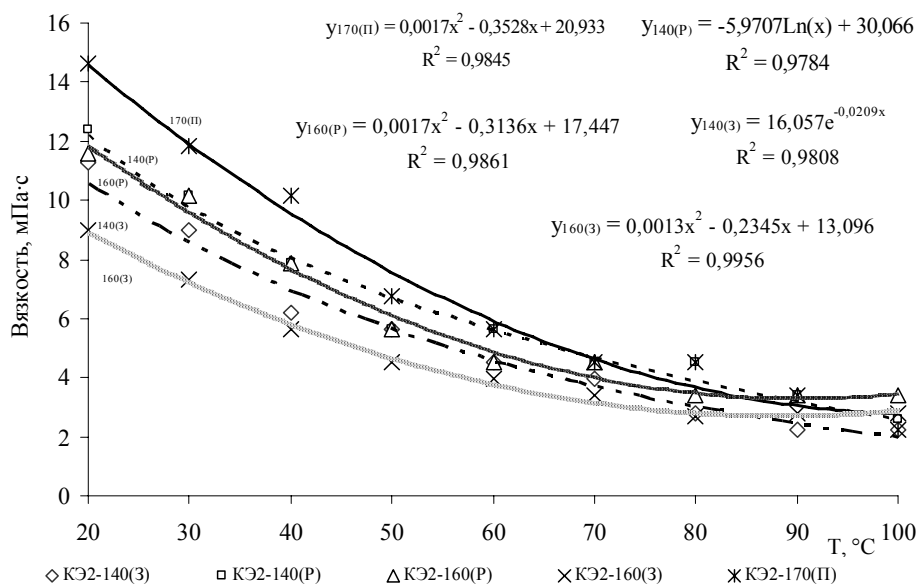


Рис. 1. Изменение вязкости картофельных экструзионных крахмалов в диапазоне температур 20—100 °С при градиенте сдвига 145,6 с⁻¹

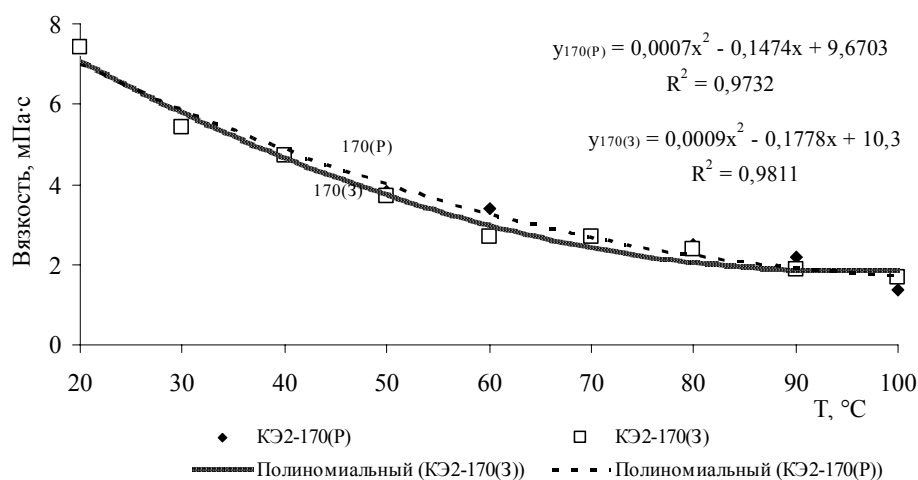


Рис. 2. Изменение вязкости картофельных экструзионных крахмалов в диапазоне температур 20—100 °С и градиенте сдвига 242,7 с⁻¹

вязкость, как правило, снижается. Это обусловлено тепловой деструкцией полисахаридов крахмалов. Зависимости между показателями вязкости 5%-ных водных дисперсий крахмалов и температурой нагревания (диапазон 20–100 °С) при градиенте сдвига 145,6 с⁻¹ описываются следующими видами функций: для КЭ2-140(Р) логарифмической, КЭ2-140(З) степенной, КЭ2-160(Р) и КЭ2-160(З), КЭ2-170(П) полиномиальными. При градиенте сдвига 242,7 с⁻¹ КЭ2-170(Р) и КЭ2-170(З) — полиномиальными видами функций.

Повышение градиента сдвига до 1310,6 с⁻¹ в пределах определенной температуры нагревания приводит к снижению вязкости независимо от природы крахмала (рис. 3–4).

Изменение вязкости картофельных экструзионных крахмалов при температуре нагревания 20 °С и разных градиентах сдвига характеризуются полиномиальными функциями. Степень этой функции повышается с увеличением температуры экструдирования до пяти-шести. Как известно [5], с увеличением скорости сдвига система переходит в состояние с эффективной вязкостью, зависящей от величины подводимой к внутренним связям крахмала механической энергии, и постепенно разрушается.

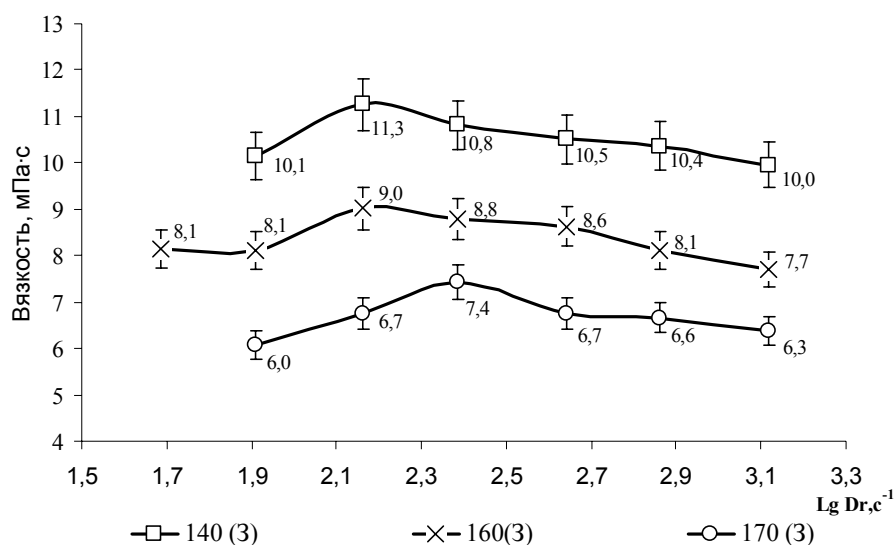


Рис. 3. Изменение вязкости картофельных экструзионных крахмалов КЭ2(З) при температуре 20 °С и разных градиентах сдвига

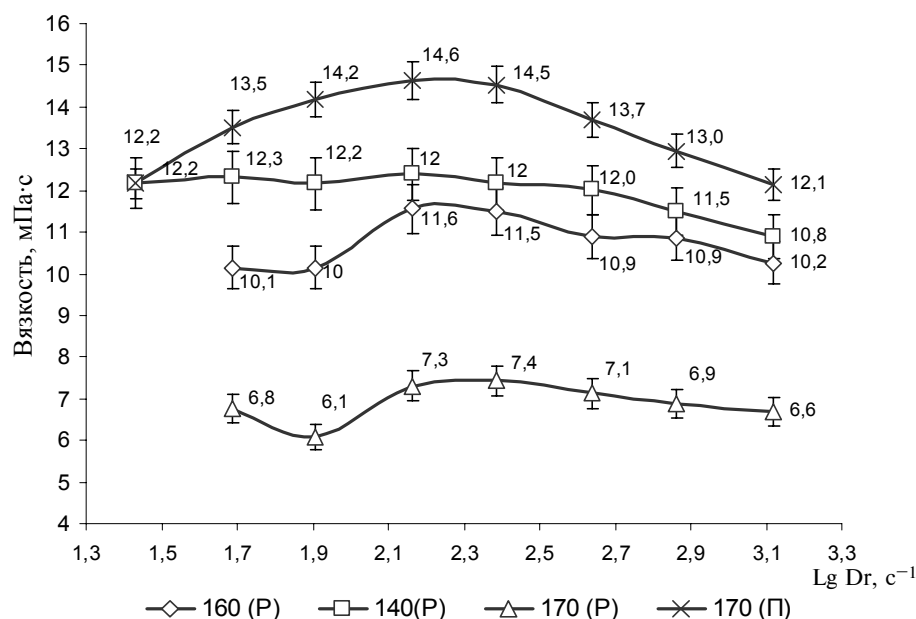


Рис. 4. Изменение вязкости экструзионных картофельных крахмалов КЭ2(Р) и КЭ2(П) при температуре 20 °С и разных градиентах сдвига

Выводы

1. Вязкостные свойства экструзионных картофельных крахмалов, выработанных при температуре экструдирования 140, 160 °С из нативных крахмалов Заспенского и Рогозницкого крахмальных заводов при температуре экструдирования 170 °С из польского нативного крахмала, проявляются в диапазоне температурных параметров 20—100 °С, начиная с градиента сдвига 145,6 с⁻¹. У крахмалов, выработанных при температуре экструдирования 170 °С из нативных крахмалов Заспенского и Рогозницкого крахмальных заводов — с градиента сдвига 242,7 с⁻¹.

2. Можно классифицировать экструзионные крахмалы в зависимости от вязкости, определяемой при температуре 20 °С, и указанных начальных градиентах сдвига, независимо от зоны их происхождения, на три группы: I — выше 12, II — от 9 до 12 и III — ниже 9 мПа·с.

3. Вязкость крахмалов, полученных на двухшнековом экструдере без дополнительного увлажнения нативного крахмала при температуре экструдирования 140, 160 °С из отечественного сырья, рекомендуется определять на ротационном вискозиметре при градиенте сдвига 145,6 с⁻¹, а выработанного при температуре 170 °С — при 242,7 с⁻¹.

4. При практическом использовании экструзионных крахмалов в пищевой промышленности следует учитывать, что эффективная максимальная вязкость свойственна крахмалам, получаемым на двухшнековом экструдере без дополнительного увлажнения исходного сырья, при температуре 20 °С. С повышением температуры нагревания водных суспензий экструзионных крахмалов, а также с повышением градиента сдвига при определенной температуре, вязкость понижается.

При исследованиях вязкости экструзионных крахмалов рекомендуется использование полученных прогнозных моделей.

Литература

1. Программа развития перерабатывающей промышленности Агропромышленного комплекса на 2003—2004 гг. (Одобр. Пост. СМ РБ 27 сент. 2002 г. № 1336.)
2. Новое в производстве модифицированных крахмалов для пищевой промышленности / А. И. Жушман, Е. К. Коптелова, В. Г. Карпов. Обзор. Информ. Вып. 1. Сер. 19. Крахмалопаточная промышленность. М., 1990.
3. Современные достижения в технологии экструзионных крахмалопродуктов / А. И. Жушман, Е. К. Коптелова, В. Г. Карпов. Обзор. Информ. Вып. 4. Сер. 19. Крахмалопаточная промышленность. М. 1989. С. 5, 7.
4. Крахмал и крахмалопродукты / Под ред. Н. Г. Гулюка. М., 1985. С. 113.
5. К а р д а ш о в Г. А. Физические методы интенсификации процессов химической технологии. М., 1990.

PETYUSHEV N. N., ROSHCHINA E. V., LISOVSKAYA D. P.

COMPARATIVE ESTIMATION OF THE VISCOSITY OF EXTRUSION POTATO STARCHES

Summary

Results of comparative research of extrusion starches viscosity obtained at domestic two-screw extruder from native starch of different region (Gomel, Grodno and Poland) have been presented. Differences of starches under research in viscosity properties and particularities in dependence on heating temperature in a range of 20—100 °С and different shift gradients have been shown.