

Оптические свойства йод-полисахаридов крахмала пшеницы

Владимир Г. Костенко¹ vniik@arrisp.ru

Георгий И. Подзигун¹

Владимир А. Коваленок¹ vak-49@mail.ru

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М.Горбатова» РАН, ул. Некрасова, 11, Красково, 140051, Россия

Аннотация. Содержание амилозы в крахмале является одной из характеристик его качества. В основном оно является видовым признаком исходного крахмалсодержащего сырья и получаемого из него крахмала. От этого зависят физико-химические свойства крахмала и его использование в народном хозяйстве. В небольших количествах амилозу получают путём фракционирования крахмала. Это сложная и затратная технология. По созданию новых сортов картофеля, зерновых и зернобобовых культур с повышенным содержанием амилозы в крахмале проводят исследовательские работы селекционеры. Им нужны методики определения амилозы в разных видах сырья. Но прежде чем разрабатывать методику, необходимо исследовать оптические свойства того или иного вида крахмала и составляющих его компонентов. Как показали исследования, у разных видов крахмала оптические свойства компонентов крахмала разные. Например, методика, разработанная для определения амилозы в кукурузном крахмале, не приемлема для определения её в крахмале тритикале и пшеницы. Ранее нами были изучены свойства йод-полисахаридов кукурузного и тритикалевого крахмалов и факторы, влияющие на оптические свойства йод-полисахаридов. В этой работе исследовали влияние амилозы, концентрации йода и калия йодистого при соотношении KI:I от 3 до 15 на величину оптической плотности растворов йод-полисахаридов пшеницы. Установлено, что йод-амилоза пшеницы имеет максимум при 600 нм, йод-амилопектин – при 565 нм. Спектры полисахаридов пшеницы отличаются по величине оптической плотности λ_{max} и форме кривых от родственных полисахаридов тритикале. Концентрация йода в исследуемом растворе должна быть равной 0,6 мг/см³, а соотношение калия йодистого к йоду – 5.

Ключевые слова: крахмал тритикале; йод-амилоза; йод-амилопектин; йод-полисахарид; соединения-включения; оптическая плотность; длина волны; спектрофотометрия.

Optical properties wheat starch iodine polysaccharides

Vladimir G. Kostenko¹ vniik@arrisp.ru

Georgy I. Podzigun¹

Vladimir A. Kovalyonok¹ vak-49@mail.ru

¹ All-Russian research Institute for starch products, Nekrasova str., 11, Kraskovo, 140051, Russia

Abstract. The amylose contents in starch is one of its quality characteristics. Generally it is a specific sign of starch-containing material and the starch received from it. Physical and chemical properties of starch and its use in the national economy depend on it. In small quantities the amylose is received by starch fractionating. It is the difficult and expensive technology. Selectors carry out research work on creation of new varieties of potatoes, grain and leguminous crops with the increased content of amylose in starch. They need techniques of definition of amylose in different types of raw materials. But before developing a technique, it is necessary to investigate optical properties of this or that type of starch and the components making it. It showed from researches, different types of starch had different optical properties of its components. For example, the technique developed for definition of amylose in corn starch isn't acceptable for its definition in starch of triticale and wheat. Earlier we studied properties of iodine polysaccharides of corn and triticale starches and factors affecting the optical properties of iodine polysaccharides. In this work it was investigated the influence of amylose, concentration of iodine and potassium iodide at KI:I from 3 to 15 on an optical density of wheat iodine polysaccharide solutions. It is established that the iodine amylose of wheat has a maximum at 600 nanometers, an iodine amylopectin has at 565 nanometers. Spectra of wheat polysaccharides differ in value of an optical density λ_{max} and a form of curves from related polysaccharides of triticale. Concentration of an iodine in the studied solution has to be equal 0.6 mg/cm³, and a ratio of potassium iodide to an iodine has to be 5.

Keywords: triticale starch; iodine amylose; iodine amylopectin; iodine polysaccharide; links inclusions; optical density; wavelength; spectrophotometry

Введение

Молекула крахмала состоит из двух полисахаридов – амилозы и амилопектина. Амилоза построена из молекул глюкозы, связанных между собой α -1–4 связями, закрученными в прямую двойную спираль правого вращения. Амилопектин представляет собой разветвленный полимер, состоящий из отрезков амилозы разной длины, соединенных α -1–6 связями

с основной цепочкой. Точки ветвления повторяются примерно через 25 глюкозных единиц. Содержание амилозы и амилопектина в крахмале бывает разным в зависимости от биологического вида растения. От этого зависят химические и физико-химические свойства крахмала и его использование в различных областях народного хозяйства.

Для цитирования

Костенко В.Г., Подзигун Г.И., Коваленок В.А. Оптические свойства йод-полисахаридов крахмала пшеницы // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 4. С. 288–291. doi:10.20914/2310-1202-2018-4-288-291

For citation

Kostenko V.G., Podzigun G.I., Kovalyonok V.A. Optical properties wheat starch iodine polysaccharides. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 4. pp. 288–291. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-4-288-291

Крахмал и составляющие его полисахариды образуют с йодом соединения-включения. Под действием йода водные растворы крахмала и амилозы окрашиваются в синий цвет, амилопектина – в красно-фиолетовый. Это связано с различием в строении этих полисахаридов.

Объектом исследования были йод-полисахаридные соединения-включения крахмала пшеницы.

Цель работы – изучить оптические свойства йод-полисахаридов крахмала пшеницы и выявить сходство и различие оптических свойств от полисахаридов других видов крахмалов.

Материалы и методы

Объекты исследования: крахмал зерна пшеницы (ГОСТ 32092-2014) и его полисахариды, амилоза, амилопектин, их смеси в разных соотношениях.

Амилозу и амилопектин получали с использованием бутанола-1, изоамилового спирта, этанола согласно [1,2], используя способность амилозы в отличие от амилопектина образовывать кристаллический комплекс с бутанолом-1.

Осаждение осадков амилозы и амилопектина проводили на центрифуге лабораторной пробирочной ОС-6М (5500 об/мин, 15 мин).

Исходные растворы йода, амилозы, амилопектина, их смесей, крахмала приготавливали концентрацией 1 мг/см³ согласно [1, 2], исследуемые растворы – согласно условиям экспериментов. Полисахариды растворяли в 0,1 н растворе гидроксида натрия при нагревании в кипящей водяной бане в течение 5 мин, подкисляли до pH 5,0–5,3 и разбавляли до концентрации 0,1 мг/см³.

Исходные растворы амилозы, амилопектина, крахмала, йода приготавливали концентрацией 1 мг/см³ [1, 2]. Взвешивали 100 мг безводного вещества в стакане вместимостью 100 см³, приливали 20 см³ 0,1 н раствора NaOH. Стакан погружали в кипящую водяную баню, установленную на обогреваемую магнитную мешалку на 5 мин, затем вынимали, охлаждали, подкисляли уксусной кислотой до pH 5,0–5,3 и доливали дистиллированной водой до объема 100 см³.

Исследуемые растворы приготавливали согласно условиям экспериментов.

В мерную колбу вместимостью 100 см³ вносили исходные растворы, например, по 1; 2; 3; 4; 5; 6 см³ раствора амилозы и по 9; 8; 7; 6; 5; 4 см³ раствора амилопектина, чтобы их суммарная концентрация всегда была 0,1 мг/см³ в 100 см³. Концентрация йода и йодистого калия была разной в зависимости от условий опыта: йода 0,03–0,08 мг/см³ в 100 см³ при соотношении калия

йодистого к йоду от 5 до 15. Таким образом, исследуемый раствор содержал от 0,01 до 0,06 мг/см³ амилозы (10–60%) и от 0,09 до 0,04 мг/см³ (90–40%) амилопектина и 0,03–0,08 мг/см³ йода.

Измерение оптических характеристик исследуемых растворов йод-полисахаридных комплексов амилозы, амилопектина, их смесей и крахмала проводили на отечественном спектрофотометре СФ-2000 в диапазоне 200–800 и 400–800 нм.

Результаты и обсуждение

Оптические свойства йод-полисахаридов, интенсивность их окраски зависят от многих факторов – от ботанического вида и сорта крахмала, степени его полимеризации, длины спиральной амилозы, как в амилопектине, так и в амилозе, его модификации (механической, химической или физико-химической). Они зависят от почвенно-климатических и агрохимических условий произрастания крахмалоносов и др.

Оптические свойства йод-полисахаридных комплексов пшеницы отличаются от аналогичных комплексов родственной культуры тритикале (гибрида пшеницы и ржи). Так, амилоза пшеницы имеет величину максимума оптической плотности λ_{\max} при 600 нм, тогда как тритикале – 567 нм. Амилопектин пшеницы имеет λ_{\max} при 565 нм (амилопектин тритикале его не имеет). Кроме этих природных факторов, есть факторы, влияющие на величину оптической плотности исследуемых растворов йод-полисахаридов в процессе приготовления исследуемых растворов. К ним относятся йод и калий йодистый.

Одними из факторов, влияющих на величину оптической плотности йод-полисахаридов, являются концентрации калия йодистого и йода в исследуемом растворе. Надо было установить концентрацию и количество йода, необходимого для полного насыщения полисахаридов йодом при образовании йод-полисахаридных комплексов и в то же время не допустить его большого избытка, так как он смещает максимум оптической плотности йод-полисахарида в коротковолновую область и в растворе с полисахаридами приводит к увеличению оптической плотности исследуемого раствора [4–10].

На рисунке 1а показаны спектры растворов йод-амилозы пшеницы (0,1 мг/см³) в зависимости от концентрации йода. Оптическая плотность растворов йод-амилозы пшеницы с повышением концентрации йода от 0,03 до 0,05 мг/см³ значительно возрастает, а при 0,06 и 0,07 мг/см³ кривые почти накладываются одна на другую. Это свидетельствует о насыщении обоих полисахаридов йодом. При дальнейшем исследовании использовали концентрацию йода 0,06 мг/см³.

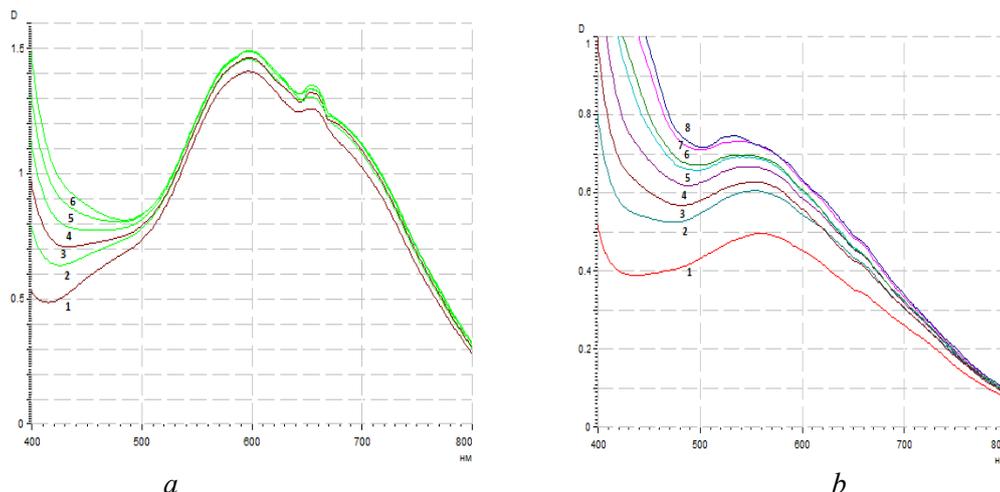


Рисунок 1. Спектры растворов йод-амилозы (а) и йод-амилопектина (b) пшеницы (0,1 мг/см³) при разных концентрациях йода, мг/см³: 1 – 0,03; 2 – 0,04; 3 – 0,05; 4 – 0,06; 5 – 0,07; 6 – 0,08; 7 – 0,09; 8 – 0,1

Figure 1. The spectra of solutions of iodine-amylose (a) and iodine-amylopectin (b) of wheat (0.1 mg/cm³) at different concentrations of iodine, mg / cm³: 1 – 0.03; 2 – 0.04; 3 – 0.05; 4 – 0.06; 5 – 0.07; 6 – 0.08; 7 – 0.09; 8 – 0.1

На рисунке 1b показаны спектры растворов йод-амилопектиновых соединений-включений пшеницы. Максимум оптической плотности йод-амилопектина находится при 565 нм. Хорошо видно влияние йода на йод-амилопектиновые соединения-включения. Концентрация амилопектина в растворах одинаковая, изменяется только концентрация йода от 0,03 до 0,1 мг/см³. Оптическая плотность с увеличением концентрации йода повышается. При концентрации йода 0,07 и 0,08 мг/см³ и 0,09 и 0,1 мг/см³ кривые накладываются одна на другую. Достигнув максимального значения под влиянием йода, кривые расходятся – это проявляются оптические свойства йода в коротковолновой области спектра. При этом наблюдается незначительное смещение максимума кривых в коротковолновую область.

Как видно из рисунка 1, насыщение полисахаридов пшеницы йодом происходит при концентрации йода 0,06 мг/см³.

Смеси амилозы и амилопектина пшеницы имеют λ_{max} при 600 нм независимо от концентрации амилозы в смеси. Следует отметить, что величина оптической плотности D смеси больше, чем величина оптической плотности чистой амилозы (рисунок 2).

Величина оптической плотности D характеризует количество амилозы, вступившей во взаимодействие с йодом. Увеличение оптической плотности в смесях при 600 нм не может быть объяснено наложением пика амилопектина в этой области, так как оптическая плотность D йод-амилопектина при 600 нм существенно ниже, чем оптическая плотность D йод-амилозы. Одним из возможных объяснений является образование в растворе смеси амилозы с амилопектином ассоциатов, в результате чего

в молекулах полисахаридов появляются дополнительные участки, способные внедрять молекулы йода в спирали.

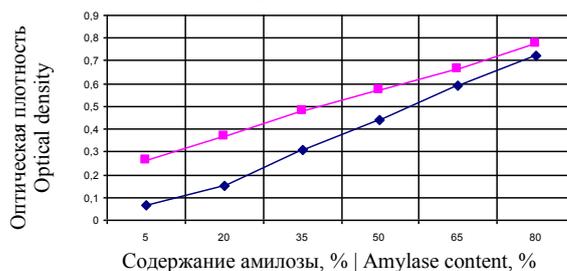


Рисунок 2. Зависимость оптической плотности от содержания амилозы и содержания амилозы в смеси с амилопектином пшеничного крахмала

Figure 2. The dependence of optical density on the amylose content and amylose content in a mixture with wheat starch amylopectin

Образование ассоциатов амилозы с амилопектином достигает максимума при соотношении амилозы и амилопектина 1:1.

Таким образом, спектры смесей амилозы и амилопектина не являются суммарным наложением спектров двух разных по свойствам соединений, а являются спектром единого комплекса соединений, находящегося в исследуемом растворе. Тем более что при 600 нм амилопектин имеет низкую оптическую плотность.

Выводы

1. Спектры полисахаридов пшеницы отличаются по величине λ_{max} и форме кривых от родственных полисахаридов тритикале.
2. Йод-амилоза пшеницы имеет максимум при 600 нм, йод-амилопектин – при 565 нм.
3. Концентрация йода в исследуемом растворе должна быть равной 0,6 мг/см³.
4. Мольное соотношение калия йодистого к йоду должно быть равным 5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wang J.P., Li Y., Tian Y.Q., Xu X.M. et al. A novel triple-wavelength colorimetric method for measuring amylase and amylopectin contents // *Starke*. 2010. № 10. P. 508–516.
2. Костенко В.Г., Подзигун Г.И., Лукин Н.Д., Ковалёнок В.А. Изучение оптических свойств кукурузного крахмала // *Достижения науки и техники АПК*. 2016. Т.30. № 12. С. 110–112.
3. Дашевский В.Г. Конформационный анализ макромолекул. М.: Наука, 1987. 180 с.
4. Tintu I., Abhilash J., Dileep K.V., Augustine A. et al. A Lectin from *Spatholobus parviflorus* Inhibits *Aspergillus flavus* α -Amylase: Enzyme Kinetics and Thermodynamic Studies // *Chemical biology & drug design*. 2014. V. 84. № 1. P. 116–122.
5. Okon E., Etta H., Nenco N. Investigating the effect of growth regulator, furotan on starch and protein contents in winter wheat cultivars // *Russian agricultural sciences*. 2015. V. 41. № 2-3. P. 107–110.
6. Lim Y.-M., Hoobin P., Ying D., Burgar I. et al. Physical characterisation of high amylose maize starch and acylated high amylose maize starches // *Carbohydrate polymers*. 2015. V. 117. P. 279–285.
7. Yang Y., Rao Y., Xu J., Shao G. et al. Genetic analysis of sugar-related traits in rice grain // *South African Journal of Botany*. 2014. V. 93. P. 137–141.
8. Sivapragasam N., Ohm J.-B., Thavarajah P. et al. Novel starch based nano scale enteric coatings from soybean meal for colon-specific delivery // *Carbohydrate polymers*. 2014. V. 111. P. 273–279.
9. Struyf N., Laurent J., Lefevre B., Verspreet J. et al. Establishing the relative importance of damaged starch and fructan as sources of fermentable sugars in wheat flour and whole meal bread dough fermentations // *Food chemistry*. 2017. V. 218. P. 89–98.
10. Singh H., Saharan R., Sharma K.P. Isolation and Characterization of Amylase producing Bacteria from Diverse Environmental samples // *Journal of Microbiology and Biotechnology Research*. 2017. V. 4. №. 4. P. 8–18.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Владимир Г. Костенко к.т.н., ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопроductов – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М.Горбатова» РАН, ул. Некрасова, 11, Красково, 140051, Россия, vniik@arrisp.ru

Георгий И. Подзигун к.х.н., вед. научн. сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопроductов – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М.Горбатова» РАН, ул. Некрасова, 11, Красково, 140051, Россия

Владимир А. Ковалёнок д.т.н., профессор, вед. науч. сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопроductов – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М.Горбатова» РАН, ул. Некрасова, 11, Красково, 140051, Россия, vak-49@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Владимир Г. Костенко провёл эксперимент, написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию

Георгий И. Подзигун обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперименты и несёт ответственность за плагиат

Владимир А. Ковалёнок консультация в ходе исследования, выполнил расчёты

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 22.11.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 10.12.2018

REFERENCES

1. Wang J.P., Li Y., Tian Y.Q., Xu X.M. et al. A novel triple-wavelength colorimetric method for measuring amylase and amylopectin contents. *Starke*. 2010. no. 10. pp. 508–516.
2. Kostenko V.G., Podzigun G.I., Lukin N.D., Kovaljonok V.A. The study of the optical properties of corn starch. *Dostizhenija nauki i tehniki APK* [Achievements of science and technology of agriculture]. 2016. vol. 30. no. 12. pp. 110–112. (in Russian).
3. Dashevskij V.G. Konformacionnyj analiz makromolekul [Conformational analysis of macromolecules]. Moscow, Nauka, 1987. 180 p. (in Russian).
4. Tintu I., Abhilash J., Dileep K.V., Augustine A. et al. A Lectin from *Spatholobus parviflorus* Inhibits *Aspergillus flavus* α -Amylase: Enzyme Kinetics and Thermodynamic Studies. *Chemical biology & drug design*. 2014. vol. 84. no. 1. pp. 116–122.
5. Okon E., Etta H., Nenco N. Investigating the effect of growth regulator, furotan on starch and protein contents in winter wheat cultivars. *Russian agricultural sciences*. 2015. vol. 41. no. 2-3. pp. 107–110.
6. Lim Y.-M., Hoobin P., Ying D., Burgar I. et al. Physical characterisation of high amylose maize starch and acylated high amylose maize starches. *Carbohydrate polymers*. 2015. vol. 117. pp. 279–285.
7. Yang Y., Rao Y., Xu J., Shao G. et al. Genetic analysis of sugar-related traits in rice grain. *South African Journal of Botany*. 2014. vol. 93. pp. 137–141.
8. Sivapragasam N., Ohm J.-B., Thavarajah P. et al. Novel starch based nano scale enteric coatings from soybean meal for colon-specific delivery. *Carbohydrate polymers*. 2014. vol. 111. pp. 273–279.
9. Struyf N., Laurent J., Lefevre B., Verspreet J. et al. Establishing the relative importance of damaged starch and fructan as sources of fermentable sugars in wheat flour and whole meal bread dough fermentations. *Food chemistry*. 2017. vol. 218. pp. 89–98.
10. Singh H., Saharan R., Sharma K.P. Isolation and Characterization of Amylase producing Bacteria from Diverse Environmental samples. *Journal of Microbiology and Biotechnology Research*. 2017. vol. 4. no. 4. pp. 8–18.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Vladimir G. Kostenko Cand. Sci. (Engin.), leading researcher, All-Russian research Institute for starch products, Nekrasova str., 11, Kraskovo, 140051, Russia, vniik@arrisp.ru

Georgiy I. Podzigun Cand. Sci. (Chem.), leading researcher, All-Russian research Institute for starch products, Nekrasova str., 11, Kraskovo, 140051, Russia

Vladimir A. Kovalyonok Dr. Sci. (Engin.), professor, leading researcher, All-Russian research Institute for starch products, Nekrasova str., 11, Kraskovo, 140051, Russia, vak-49@mail.ru

CONTRIBUTION

Vladimir G. Kostenko conducted an experiment, wrote the manuscript, correct it before filing in editing

Georgiy I. Podzigun обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперименты и несёт ответственность за плагиат

Vladimir A. Kovalyonok consultation during the study, performed computations

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 11.22.2018

ACCEPTED 12.10.2018