

ПОДХОДЫ К УСТАНОВЛЕНИЮ МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМОГО УРОВНЯ МОЧЕВОЙ КИСЛОТЫ В ЗЕРНЕ

Ящких А.В., канд. техн. наук, Цыгаркина А.С.

Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Российская Федерация, г. Москва

Аннотация. В процессе жизнедеятельности насекомые загрязняют зерно мочевой кислотой, анализ которой предлагается в качестве альтернативы традиционному методу.

Разработанный и утвержденный в 2022 году метод «Выполнения измерений массовой доли мочевой кислоты в зерне и зернопродуктах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии» позволил провести исследование по установлению максимально допустимого уровня мочевой кислоты в зерне и продуктах его переработки, при поражении насекомыми, как показателя его безопасности.

Были выполнены анализы по содержанию мочевой кислоты в опытных образцах зерна пшеницы, пораженной одними из основных видов насекомых – вредителей хлебных запасов, а именно: рисовым и амбарным долгоносиком.

С помощью разработанной методики анализа МК в зерне и зернопродуктах, установлена зависимость накопления содержания мочевой кислоты в зерне пшеницы от количества насекомых, что позволяет оценивать уровни загрязненности зерна насекомыми по наличию мочевой кислоты и установить МДУ для данных вредителей.

Ключевые слова: зерно и зернопродукты, загрязненность, насекомые, мочевая кислота.

Финансирование: Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию FGUS-2025-0001 ФНЦ пищевых систем им В.М. Горбатова РАН.

APPROACHES TO SETTING THE MAXIMUM PERMISSIBLE LEVEL OF URIC ACID IN GRAIN

Yaitskikh A.V., PhD in Engineering, Tsygarkina A.S.

All-Russian Research Institute of Grain and Grain Products – branch of the FSC of Food Systems named after V.M. Gorbатов of the RAS, Russian Federation, Moscow

Abstract. In the process of vital activity, insects contaminate grain with uric acid, the analysis of which is proposed as an alternative to the traditional method.

The method developed and approved in 2022 for "Measuring the mass fraction of uric acid in grain and grain products by high-performance liquid chromatography" allowed a study to establish the maximum allowable level of uric acid in grain and processed products, in case of insect infestation, as an indicator of its safety.

Analyses were performed on the uric acid content in experimental wheat grain samples affected by one of the main insect pests of grain stocks, namely, rice and barn weevil.

Using the developed method of uric acid analysis in grain and grain products, the dependence of the accumulation of uric acid in wheat grain on the number of insects has been established, which makes it possible to assess the levels of insect contamination of grain by the presence of uric acid and to set the maximum permissible level for these pests.

Keywords: grain and grain products, contamination, insects, uric acid.

Зерновые продукты являются основой сбалансированного питания, и от их качества и безопасности зависит здоровье населения. Вредящие насекомые и клещи, атакующие хранящуюся зерновую продукцию, наносят

значимый экономический и качественный вред [1].

При заражении зерна насекомыми и клещами снижается его пищевая ценность [2]: уменьшается содержание белка и незаменимых аминокислот, тогда как возрастает доля специфических аминокислот, которые выделяют насекомые при переваривании. Зерно загрязняется остатками жизнедеятельности насекомых, личинками, куколками и погибшими особями, а также появляется заметное количество мочевой кислоты (МК) [3]. Хлеб, выпеченный из такого зерна, теряет объем и пористость, изменяется цвет мякиша, появляется посторонний запах и горьковатый привкус [4].

Из-за жизнедеятельности насекомых в зерне меняются реологические свойства муки, получаемой из него [5, 6]. Кроме снижения массы и ухудшения качества зерна, насекомые и клещи выделяют в зерно вредные для человека вещества. При определенной плотности заражения зерно становится непригодным для продовольственных целей [3, 7]. Токсичные вещества сохраняются в зерне и после дезинсекции; при повторном заражении они добавляются к уже существующим запасам.

Рисовые и амбарные долгоносики относятся к семейству настоящих долгоносиков и являются вредителями, наносящими ущерб различным сельскохозяйственным культурам, развиваясь и поедая зерно при хранении, они имеют скрытую форму зараженности, часть развития проходит внутри зерновки.

На территории России наблюдается преобладание этого вредителя в южных регионах. В более северных регионах насекомое чаще всего заносится с юга, но развитие его обычно ограничено теплыми помещениями и зернохранилищами. Амбарный и рисовый долгоносики являются наиболее распространёнными вредителями запасов хлеба [8].

Характерной особенностью зерна, поражённого насекомыми, является образование микрохимических комплексов, которые выделяются вместе с экскрементами [9]. Присутствие мочевой кислоты в зерне и зернопродуктах рассматривается как маркер загрязнённости насекомыми или продуктами их жизнедеятельности [10]. Ранее было показано, что существует высокая корреляция между концентрацией мочевой кислоты и степенью заражённости зерна разными видами насекомых [11–13].

В нашем институте разработана методика: "Выполнение измерений массовой доли мочевой кислоты в зерне и зернопродуктах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии". Представленный подход к анализу МК позволяет оценивать уровни загрязнённости зерна и зернопродуктов насекомыми.

С помощью данной методики нами были проанализированы пробы зерна, зараженные рисовым и амбарным долгоносиком, с целью разработки норм и установления максимально допустимого уровня мочевой кислоты в образцах.

На рисунке 1 и 2 приведены данные зависимости содержания мочевой кислоты в зерне от плотности заселения его амбарным и рисовым долгоносиками (*Sitophilus granarius*, *Sitophilus oryzae*).

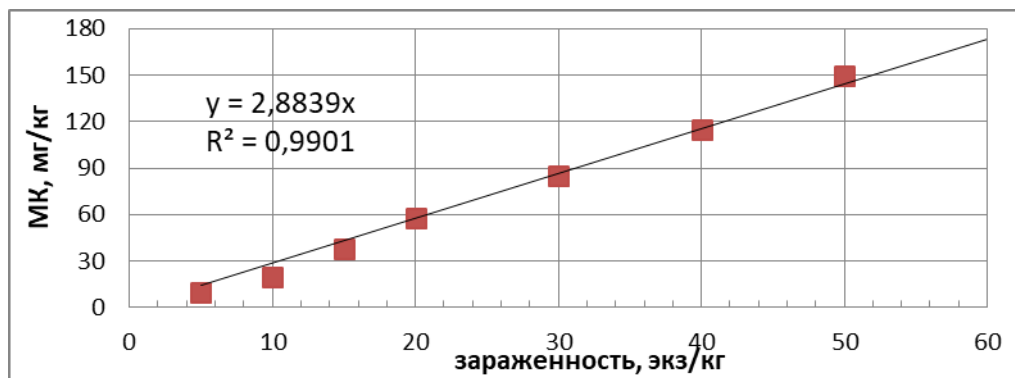


Рисунок 1. Зависимость содержания МК в зерне пшеницы от плотности заражения его жуками амбарного долгоносика

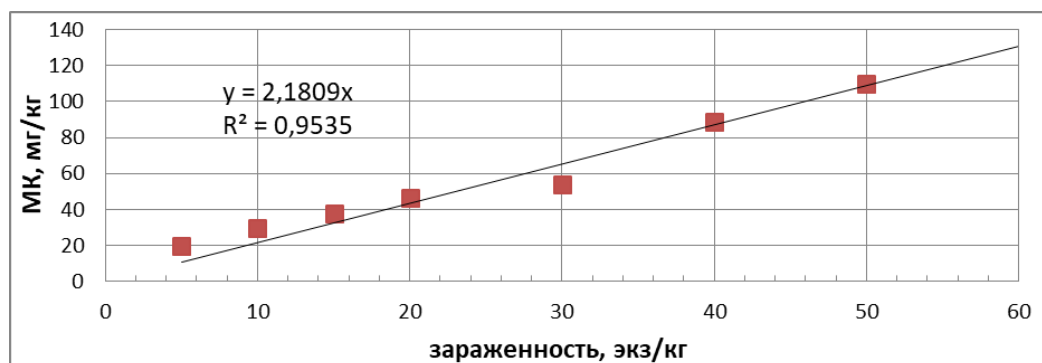


Рисунок 2. Зависимость содержания МК в зерне пшеницы от плотности заражения его жуками рисового долгоносика

В соответствии с ГОСТ 34165 «Зерновые, зернобобовые и продукты их переработки. Методы определения загрязнённости насекомыми-вредителями» установлены коэффициенты вредоносности каждого вида вредителя, приведенные в таблице 1.

Уравнения зависимости количества мочевой кислоты в зерне (y , мг/кг) от плотности заражения зерна жуками (x , экз./кг), приведенные на рисунках 1 и 2 имеют вид:

для амбарного долгоносика $y, \text{ мг/кг} = 2,8839 \text{ мг/экз.} \cdot x, \text{ экз./кг};$
 для рисового долгоносика $y, \text{ мг/кг} = 2,1809 \text{ мг/экз.} \cdot x, \text{ экз./кг};$

Максимально допустимый уровень (МДУ) загрязненности зерна насекомыми в соответствии с «Гигиеническими требованиями безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1078-01» составляют 15 экз./кг по суммарной плотности загрязненности (СПЗ).

Рецептура хлебобулочных изделий

Наименование вредителя	Коэффициент вредоносности
Зерновой точильщик	1,7
Амбарный долгоносик	1,5
Бабочки (гусеницы), мавританская козявка	1,1
Рисовый долгоносик	1,0
Мучные хрущаки, притворяшки, кожееды	0,4
Мукоеды, грибоеды	0,3
Блестянки, скрытники, скрытноеды	0,2
Сеноеды	0,1
Хлебные клещи	0,05

СПЗ, выражаемую количеством экземпляров всех видов вредителей с учетом вредоносности каждого вида в 1 кг зерна, вычисляют по формуле:

$$\text{СПЗ} = (\text{Хс1} \times \text{Кв1}) + (\text{Хс2} \times \text{Кв2}) + \dots + (\text{Хси} \times \text{Кви}),$$

где Хс1 , Хс2 , ..., Хси — средняя плотность заражения зерна каждым видом вредителя, экз/кг;

Кв1 , Кв2 , ..., Кви — коэффициенты вредоносности каждого вида вредителя (приведены в таблице 1).

Рассчитываем МДУ мочевой кислоты в зерне у, мг/кг путем умножения коэффициента из уравнения регрессии на МДУ зараженности зерна – 15 экз./кг по СПЗ и последующего деления этого произведения на коэффициент вредоносности (КВ):

для амбарного долгоносика

$$y, \text{ мг/кг} = 2,8839 \text{ мг/экз.} \cdot 15 \text{ экз./кг} : 1,5 = 28,84 \text{ мг/кг};$$

для рисового долгоносика

$$y, \text{ мг/кг} = 2,1809 \text{ мг/экз.} \cdot 15 \text{ экз./кг} : 1 = 32,71 \text{ мг/кг}.$$

Видим, что с учетом полученных экспериментальных данных по рисовому и амбарному долгоносикам МДУ мочевой кислоты в зерне составляет 29-33 мг/кг.

Учитывая тот факт, что фоновым количеством МК в зерне является 0,76 мг/кг, а минимальное значение, относящееся к определению представленных видов, составляет 28,84 мг/кг, то с учетом полученных экспериментальных данных МДУ мочевой кислоты в зерне, зараженном рисовым и амбарным долгоносиками, следует установить в диапазоне 29-30 мг/кг МК.

Определенные нормы для каждого из видов вредителей хлебных запасов позволят устанавливать исходную зараженность зерна как до, так и после очистки или подработки зерна, перед реализацией зернопродуктов, по установленным МДУ МК.

Разработанная методика с установленными нормами уберет возможную ошибку при определении насекомых со скрытой формой развития.

Литература

1. Taddese M. et al. Assessment of quantitative and qualitative losses of stored grains due to insect infestation in Ethiopia // *Journal of Stored Products Research*. 2020. V. 89. P. 101689. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101689>.
2. Carvalho M. O. et al. Impact of red flour beetle infestations in wheat flour and their effects on dough and bread physical, chemical, and color properties // *Journal of Stored Products Research*. 2023. V. 102. P. 102095. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2023.102095>.
3. Liu K. et al. Research advance in gas detection of volatile organic compounds released in rice quality deterioration process // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2021. V. 20. №. 6. P. 5802-5828. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12846>.
4. Özkaya H. et al. Technological properties of a variety of soft and hard bread wheat infested by *Rhyzoperthadominica* (F.) and *Tribolium confusum* du Val // *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 2009. V. 7. №. 3/4. P. 166-172.
5. Perišić V. et al. Technological quality of wheat infested with *Rhyzoperthadominica* F.(Coleoptera: Bostrichidae) // *Advanced technologies*. 2018. V. 7. №. 1. P. 35-40. DOI: <https://doi.org/10.5937/savteh1801035P>.
6. Perišić V. et al. The influence of *Rhyzoperthadominica* (F.) on the technological quality of cereal grains treated with diatomaceous earth // *Journal of stored products research*. 2021. V. 90. P. 101750. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101750>.
7. Mehram E., Lotfy L., Elhassaneen Y. Infestation of wheat flour by flour beetles (*Tribolium castaneum*) affected in its chemical and toxicological properties and validity for human consumption // *Proceeding of the 2nd International Conference (Specific Instruction, map of Future Jobs, Faculty of Specific Education, Minia University, 14-15. 2019. P. 185-201.*
8. Фейденгольд В.Б., Алексеева Л.В., Закладной Г.А. и др. Меры борьбы с потерями зерна при заготовках, послеуборочной обработке и хранении на элеваторах и хлебоприемных предприятиях. М.: ДеЛи принт, 2007. 320 с.
9. Chaitra S., Prashanth J., Jagadeeshkumar T. S. Empirical analysis of uric acid in Malpighian tubules and dry excrements and economic traits of the silkworm hybrids // *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2020. V. 8. №. 4. P. 929-935. DOI: <https://doi.org/10.22271/j.ento.2020.v8.i4o.7237>.
10. Induja C., Loganathan M., Shanmugasundaram S. Development Of A Simple Rapid Method For Determination Of Uric Acid Using UV-Visible Spectroscopy (2022) // *Int. J. Life Sci. Pharma Res*. V. 12. №. 1. P. L200-205. DOI: <https://doi.org/10.22376/ijpbs/lpr.2022.12.1.L200-205>.
11. Яицких А.В., Закладной Г.А., Степаненко Д.С. Особенности формирования малым мучным хрущачом *Tribolium confusum* Duv. (Tenebrionidae) мочевой кислоты в хранящемся зерне // *Пищевая промышленность*. 2024. № 3. С. 26-28. DOI: 10.52653/РРІ.2024.3.3.005.
12. Степаненко Д.С., Закладной Г.А., Яицких А.В. Накопление суринамским мукоедом *Oryzaephilus surinamensis* (L.) мочевой кислоты в храня-

щемся зерне // Пищевая промышленность. 2024. № 5. С. 8-10.
DOI: 10.52653/PPI.2024.5.5.001.

13. Яицких А.В., Степаненко Д.С. Особенности накопления мочевой кислоты в хранящемся зерне, зараженным зерновым точильщиком, *Rhizopertha dominica* Fabricius // Пищевая промышленность. 2024. №.12. С.57-59. DOI: 10.52653/PPI.2024.12.12.011.