

Количество повреждённого крахмала в муке лабораторного и производственного помолов




Елена П. Мелешкина ¹	e.meleshkina@fncps.ru	 0000-0003-1339-7150
Светлана Н. Коломиец ¹	s.kolomiets@fncps.ru	 0000-0002-3130-2285
Наталья С. Жильцова ¹	n.zhiltsova@fncps.ru	 0000-0002-3436-6049

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Москва, Россия

Аннотация. Ввиду разного подхода к российскому и европейскому мукомольному процессу в России количество повреждённого крахмала (ПК) на мукомольных предприятиях контролируют редко. Данный вопрос нуждается во всестороннем изучении, так как показатель повреждённого крахмала имеет большое значение: его оценка позволяет определять целевое назначение муки (хлебопечение, кондитерское и макаронное производство). Осуществлять управление мукомольным процессом в части контроля работы мельничных валков при размоле, а именно проверять их параллельность и износ, оптимизировать зазор и давление. Муку с высоким содержанием повреждённого крахмала не целесообразно использовать для той же цели, что и муку с низким содержанием повреждённого крахмала. Также оценка показателя повреждённого крахмала позволяет улучшать выход теста путём подбора оптимального коэффициента водопоглотительной способности (водопоглощения), оптимизировать объём, цвет и срок хранения готовой мучной продукции. На начальном этапе цель исследования заключалась в выявлении связи между количеством повреждённого крахмала и показателями качества муки, а также реологическими свойствами теста из муки лабораторного, и производственного помола и для дальнейшего уточнения уровня повреждённого крахмала на большом количестве образцов муки разного качества по её целевому назначению. Имеющиеся литературные данные по этому вопросу противоречивы. Количество повреждённого крахмала в муке определяли на анализаторе повреждённого крахмала. Также были определены: количество и качество клейковины, число падения, устойчивость теста, разжижение, водопоглощение 20-ти проб пшеничной муки лабораторного и производственного помолов. Результаты исследования показали, что в муке производственного помола количество повреждённого крахмала выше, и составило 20–27 UCD (в среднем 24 UCD) против 15–21 (в среднем 18 UCD) в муке лабораторного помола. Корреляционная зависимость выявлена только у муки производственного помола между повреждённым крахмалом и числом падения (0,632), разжижением (0,781) и водопоглощением (0,690). В муке производственного помола с увеличением количества повреждённого крахмала происходило увеличение водопоглощения и разжижения теста, что согласуется с литературными данными, чёткого уменьшения устойчивости теста отмечено не было. В муке лабораторного помола зависимости между показателями не существенны.

Ключевые слова: повреждённый крахмал, мука, лабораторный помол, производственный помол, клейковина, число падения, реологические свойства теста

Amount of damaged starch in laboratory and production grinding flour

Elena P. Meleshkina ¹	e.meleshkina@fncps.ru	 0000-0003-1339-7150
Svetlana N. Kolomiets ¹	s.kolomiets@fncps.ru	 0000-0002-3130-2285
Natalya S. Zhiltsova ¹	n.zhiltsova@fncps.ru	 0000-0002-3436-6049

¹ All-Russian Scientific and Research Institute for Grain and Products of its Processing - Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Russia

Abstract. Due to the different approach to the Russian and European flour milling process in Russia, the amount of damaged starch (SC) at flour mills is rarely controlled. This issue needs a comprehensive study, since the indicator of damaged starch is of great importance: its assessment allows determining the intended purpose of flour (bread baking, confectionery and pasta production). Manage the flour-grinding process in terms of monitoring the operation of the mill rolls during grinding, namely, checking their parallelism and wear, optimizing the gap and pressure. Flour with a high content of damaged starch should not be used for the same purpose as flour with a low content of damaged starch. Also, the assessment of the damaged starch index allows improving the dough yield by selecting the optimal water absorption coefficient (water absorption), optimizing the volume, color and shelf life of the finished flour products. At the initial stage, the purpose of the study was to identify the relationship between the amount of damaged starch and flour quality indicators, as well as the rheological properties of dough from laboratory flour and industrial grinding, and to further clarify the level of damaged starch on a large number of samples of flour of different quality according to its intended purpose. The available literature data on this issue are contradictory. The amount of damaged starch in flour was determined on a damaged starch analyzer. The following were also determined: the quantity and quality of gluten, the falling number, dough stability, liquefaction, water absorption of 20 samples of wheat flour of laboratory and industrial grinding. The results of the study showed that the amount of damaged starch in industrial milled flour was higher, and amounted to 20–27 UCD (average 24 UCD) versus 15–21 (average 18 UCD) in laboratory milled flour. A correlation was found only in industrial milling flour between damaged starch and the falling number (0.632), liquefaction (0.781) and water absorption (0.690). In industrial flour, with an increase in the amount of damaged starch, there was an increase in water absorption and liquefaction of the dough, which is consistent with the literature data; there was no clear decrease in dough stability. In the flour of laboratory grinding, the dependences between the indicators are insignificant.

Keywords: damaged starch, flour, laboratory grinding, industrial grinding, gluten, falling number, rheological properties of dough

Для цитирования

Мелешкина Е.П., Коломиец С.Н., Жильцова Н.С. Количество повреждённого крахмала в муке лабораторного и производственного помолов // Вестник ВГУИТ. 2023. Т. 85. № 3. С. 67–73. doi:10.20914/2310-1202-2023-3-67-7373

For citation

Meleshkina E.P., Kolomiets S.N., Zhiltsova N.S. Amount of damaged starch in laboratory and production grinding flour. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2023. vol. 85. no. 3. pp. 67–73. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2023-3-67-73

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Крахмал ($C_6H_{10}O_5$)_n – основной запасной углевод растений, состоящий из двух типов полисахаридов – линейной амилозы (от греч. *ámylon* – крахмал) и разветвлённого амилопектина (от греч. *ámylon* – крахмал, *pēktes* – сбитый, сплочённый). Образуется в хлоропластах и амилопластах, откладывается в клетках в виде крахмальных зёрен, форма и размеры которых специфичны для определённых видов растений [1]. Крахмал является наиболее распространённым углеводом в рационе человека и содержится во многих основных продуктах питания. Главными источниками крахмала в мире являются зерновые культуры: рис, пшеница, кукуруза; различные корнеплоды, в том числе картофель, а также маниок. Гранулы крахмала имеют различную форму такую как овальная, сферическая, линзовидная и угловатая, а их распределение по размерам может быть одно-, двух- или полимодальным [16]. Вид крахмальных зёрен под микроскопом представлен на рисунке 1.

Пшеничная мука содержит 75–80% крахмала [1], его состояние и свойства частично влияют на характеристики теста и качество готовых изделий. Количество повреждённого крахмала в муке имеет большое значение, так как отражает как состояние эндосперма зерна, так и степень механического воздействия валков мельницы [2, 3, 5, 10, 22]. Измерение этого количества позволяет своевременно заменять вальцы мельницы, экономить электроэнергию, контролировать качество и водопоглощательную способность муки [2].

Повреждённый крахмал является важным параметром для оценки качества муки, используемой в производстве хлебобулочной и кондитерской продукции. Степень механического повреждения крахмальных зёрен в следствии их уменьшенного размера, оказывает большое влияние на реологию теста, чем больше они механически повреждены, чем больше площадь их поверхности, и тем больше адсорбируется вода [16], (рисунок 2). Количество разрушенного крахмала в российской муке может достигать 25–40 UCD, в европейской муке эти данные не превышают 10–17 UCD [8, 11, 12]. Нормой содержания повреждённого крахмала в пшеничной муке зольностью 0,55%, что соответствует муке высшего сорта – 14–20 UCD или 5–9%. Для муки с зольностью более 0,65%, что соответствует муке 1-го сорта, – 21–24 UCD [14].

Повреждённый крахмал поглощает в 4 раза больше воды, чем неповреждённый крахмал, который поглощает только около 40% собственного веса [4, 5, 10]. Увеличение содержания повреждённого крахмала в муке приводит к увеличению водопоглощения, примерно 0,5% гидратации на каждый дополнительный UCD – единицу измерения Шопен-Дюбуа. Упруго-эластичные свойства теста характерные для липкого теста, высокий уровень поглощения воды, более длительный период предварительной расстойки, потемневшая корка хлеба с красноватым оттенком – это некоторые из результатов влияния повреждённого крахмала [4, 6, 10, 12, 15, 17–18, 20].

Обеспечение баланса объёма воды при замесе содержанием белка в муке, объёмом повреждённого крахмала и активностью альфа-амилазы – залог выработки мучной продукции высокого качества. Эти значения отличаются в зависимости от способов приготовления хлеба: при ускоренных технологиях приготовления хлеба влияние повреждённого крахмала меньше, чем при традиционных, длительных [6]. При несоблюдении баланса между водопоглощением и стабильностью теста могут появиться следующие проблемы: при дефиците водопоглощения не будет достигнут достаточный объём продукта, при избыточном водопоглощении возможна нестабильность реологических свойств теста в части соотношения упруго-эластичных характеристик, также возможны более интенсивное брожение, изменённый окрас корки хлеба, разломы и крошковатость готового печенья, сокращение срока годности готового мучного продукта [7, 10, 13, 21]. Для муки с очень мелкой крупностью характерна фаринограмма с коротким временем (до 2 мин) образования теста (резким подъём кривой) и низкой устойчивостью теста (менее 9 мин), что говорит о пониженной вязкости теста и сильном его разжижении, и, следовательно, о низких реологических свойствах теста и хлебопекарных свойствах муки [8]. Также в муке тонкого помола наблюдается увеличение количества разрушенного крахмала, который доступен для воздействия амилаз и дрожжей. В связи с этим большое значение для хлебопёков имеет определение показателя числа падения (ЧП). Для повышения показателя ЧП для торможения процесса брожения в готовую муку вносят добавки, как правило, это ингибиторы зерновых амилаз. Для снижения ЧП в муку добавляют солодовые амилазы [19].

Из анализа литературы установлены нормы уровня повреждённого крахмала по целевому назначению, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1.
Уровень повреждённого крахмала по целевому назначению муки [3, 4, 6, 8]

Table 1.
The level of damaged starch according to the intended purpose of flour [3, 4, 6, 8]

Целевое назначение муки Purpose of flour	UCD
Французский тип хлеба (багет) French type of bread (baguette)	(17–19) [4] (16–20) [6]
Формовой хлеб shaped bread	(19–24) [3] (19–21) [4] (19–23) [6]
Плоский хлеб flat bread	(17–20) [3]
Лепёшка Cake	(21–24) [4]
Печенье бисквиты biscuit cookies	(14–16) [4, 6]
Крекер Cracker	(16–19) [3]
Лапша Noodles	(15–18) [3]

При 25–40 UCD резко сокращается межсервисный интервал работы валов и их срок службы. Качество продукции резко снижается [8].
At 25–40 UCD, the service interval of the shafts and their service life are sharply reduced. Product quality is drastically reduced [8].

Материалы и методы

В работе исследовали 20 образцов муки лабораторного и производственного помолов. Лабораторные помолы проводили на лабораторной мельнице МЛУ 202 Бюлер с выходом муки 70% ($\pm 2\%$). Определяли показатели: количество повреждённого крахмала – по ГОСТ ISO 17715–2015 «Мука из мягкой пшеницы. Амперометрический метод определения повреждённого крахмала» [9]. Принцип измерения на анализаторе количества повреждённого крахмала основан на поглощении молекул йодида калия в перемешанной суспензии молекулами повреждённого крахмала (рисунок 3).

Реологические свойства теста определяли на фаринографе – по ГОСТ ISO 5530–1–2013 «Мука пшеничная. Физические характеристики теста. Определение водопоглощения и реологических свойств с применением фаринографа». В таблице 2 представлены показатели количества повреждённого крахмала в муке и реологических свойств теста.

Результаты и обсуждение

Анализ полученных данных (таблица 2) свидетельствует, что мука лабораторного помола характеризовалась в среднем пониженными показателями: водопоглотительной способностью – в среднем на 5,3% по сравнению с водопоглощением муки производственного помола, количеством разрушенного крахмала – в среднем на 6 единиц UCD по сравнению с мукой производственного помола, что указывает на более крупный помол муки. Данные производственного помола указывают на чрезмерно измельчённое сырьё.

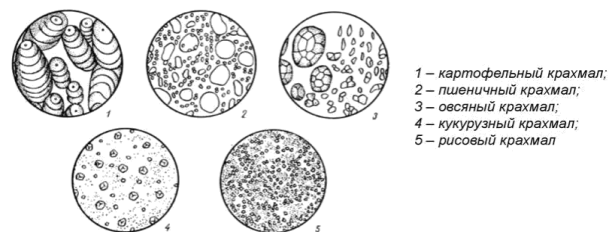


Рисунок 1. Вид крахмальных зёрен под микроскопом [23]

Figure 1. View of starch grains under a microscope [23]

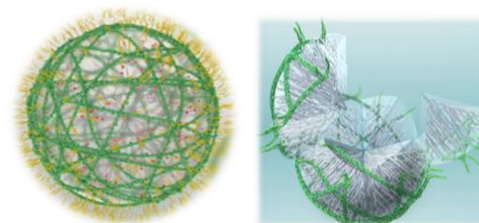


Рисунок 2. Вид крахмального зерна: неповреждённого и повреждённого [24]

Figure 2. Type of starch grain: intact and damaged [24]

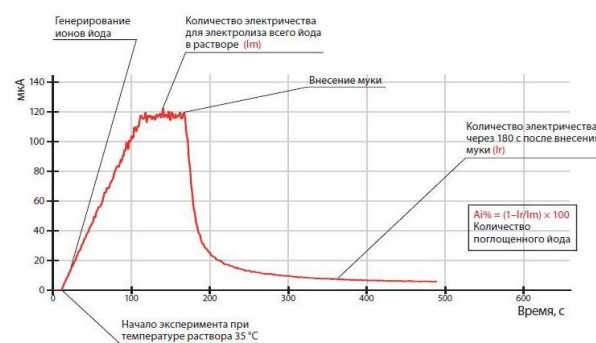


Рисунок 3. Принцип измерения на анализаторе количества повреждённого крахмала

Figure 3. Type of starch grain: intact and damaged

Расчёт парной линейной связи между показателями количества повреждённого крахмала в муке и количеством и качеством клейковины, числом падения, реологическими показателями (устойчивость теста, разжижение и водопоглощение) представлен в таблице 3 и выявил следующее: при статистической обработке экспериментальных данных методом корреляционного анализа установлены значимые зависимости по муке производственного помола от содержания крахмала таких показателей как число падения (0,632), разжижение теста (0,781) и водопоглощение (0,690).

По муке лабораторного помола наличие тесных связей между данными показателями не установлено.

Таблица 2.

Показатели количества повреждённого крахмала, количества и качества клейковины, число падения и реологические показатели теста в муке лабораторного и производственного помолов

Table 2.

Indicators of the amount of damaged starch, the quantity and quality of gluten, the number of falls and the rheological parameters of the dough in the flour of laboratory and industrial grinding

Шифр пробы sample code	*UCD	Количество клейковины, % Gluten quantity, %	Качество клейковины Gluten quality,		Число падения, с Fall- number, s	Устойчивость теста, мин Stability, min	Разжижение теста, ЕВ Degree liquefaction EV	Водо- поглощение, % Water absorption, %
			ед. ИДК units IDK	группа group				
Мука лабораторного помола Laboratory ground flour								
16–21	15	33,5	67	I хорошая	502	11,5	105	64,7
6–21	15	23,2	41	II удовл. крепкая	470	8,0	60	57,0
8–21	16	23,1	45	II удовл. крепкая	447	10,5	75	58,8
4–21	17	33,3	58	I хорошая	414	15,0	80	61,2
10–21	17	34,0	83	II удовл. слабая	357	5,5	170	63,7
17–21	18	25,1	30	II удовл. крепкая	212	12,5	120	59,6
28–21	19	27,4	62	I хорошая	429	11,0	60	58,9
3–21	20	24,7	42	II удовл. крепкая	416	8,5	90	56,5
30–21	21	29,7	66	I хорошая	415	12,5	70	59,4
2–21	21	28,3	51	II удовл. крепкая	412	10,5	70	61,6
Среднее значение Mean	18	28,2	55		407	10,5	90	60,1
Мука производственного помола Flour of production grinding								
193	20	28,0	60	I хорошая	351	10,0	75	63,6
184	22	22,6	44	II удовл. крепкая	290	10,5	91	63,5
194	23	25,5	53	I хорошая	306	10,5	80	66,7
188	23	26,7	57	I хорошая	294	5,0	76	64,3
186	23	24,7	50	II удовл. крепкая	294	6,0	84	63,2
152	24	25,1	54	I хорошая	270	10,5	90	66,4
196	24	27,4	58	I хорошая	335	6,5	70	66,6
189	25	29,7	50	II удовл. крепкая	285	8,0	102	67,3
187	26	27,6	40	II удовл. крепкая	280	10,0	120	66,2
185	27	26,9	46	II удовл. крепкая	282	8,0	120	66,4
Среднее значение Mean	24	26,4	51		299	8,5	91	65,4

* UCD – единица повреждённого крахмала с учётом влажности и белка

* UCD – unit of damaged starch, taking into account moisture and protein

* UCD – единица повреждённого крахмала с учётом влажности и белка

* UCD – unit of damaged starch, taking into account moisture and protein

Таблица 3.

Коэффициенты корреляции между показателями количества и качества клейковины, числом падения, реологическими показателями теста и количеством повреждённого крахмала в муке лабораторного и производственного помолов (значимый коэффициент корреляции 0,576 и более)

Table 3.

Correlation coefficients between indicators of quantity and quality of gluten, falling number, rheological indicators of dough and the amount of damaged starch in flour of laboratory and industrial grinding (significant correlation coefficient of 0.576 and more)

Показатели Indicators	Количество клейковины, % Gluten quantity, %	Качество клейковины, ед. ИДК Качество клейковины Gluten quality, units IDK	Число падения, с Fall-number, s	Устойчивость теста, мин Stability, min	Разжижение теста, ЕВ Degree liquefaction EV	Водо- поглощение, % Water absorption, %
Мука лабораторного помола Laboratory ground flour						
*UCD	-0,052	-0,011	-0,267	0,137	-0,207	-0,229
Мука производственного помола Flour of production grinding						
*UCD	0,298	-0,570	0,632	-0,132	0,781	0,690

Заключение

Сравнительный анализ двух видов муки (лабораторного и производственного помолов) показал, что мука производственного помола содержала повышенное количество повреждённого крахмала, что согласуется с литературными данными. У всех проб муки производственного помола показатель UCD был выше 19 единиц, по целевому назначению такую муку используют для производства формового хлеба. Мука лабораторного помола имела более широкий предел значений показателя UCD, три пробы (16–21, 6–21 и 8–21) из 10-ти имели количество повреждённого крахмала от 15 до 16 UCD, что говорит о возможности использования этих проб на изготовление печенья, в том числе крекера; четыре пробы со значением UCD от 17 до 19 – на изготовление французского типа хлеба (багет)

и лапши и три пробы муки со значением UCD выше 20 единиц – на изготовление формового хлеба. Т.е. мука лабораторного помола имеет более широкое целевое назначение.

Увеличение количества повреждённого крахмала приводит к увеличению водопоглощения; снижению устойчивости теста, увеличению разжижения. Повреждённый крахмал воздействует на весь технологический процесс, что очень важно при производстве хлеба.

Работа по изучению количества повреждённого крахмала в муке нуждается в дальнейшей проработке на большем количестве проб муки с широким диапазоном качества для установления уточнённых его норм по целевому использованию, т. к. данных недостаточно, а имеющиеся данные несколько разнятся, данный вопрос в России в настоящее время изучен недостаточно.

Литература


- 1 Большой энциклопедический словарь Сельское хозяйство. М.: Большая Российская энциклопедия, 1998. 656 с.
- 2 Barrera G.N., Bustos M.C., Iturriaga L., Flores S.K. et al. Effect of damaged starch on the rheological properties of wheat starch suspensions // *Journal of Food Engineering*. 2013. V. 116. №. 1. P. 233-239. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2012.11.020
- 3 Ma S., Li L., Wang X.X., Zheng X.L. et al. Effect of mechanically damaged starch from wheat flour on the quality of frozen dough and steamed bread // *Food Chemistry*. 2016. V. 202. P. 120-124. doi:10.1016/j.foodchem.2016.01.075
- 4 Asmeda R., Noorlaila A., Norziah M.H. Relationships of damaged starch granules and particle size distribution with pasting and thermal profiles of milled MR263 rice flour // *Food chemistry*. 2016. V. 191. P. 45-51. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.05.095
- 5 Равшанов С.С., Мирзаев Д.Д. Влияние размера частиц муки, мелких и механически поврежденных зерен крахмала на функциональные свойства муки пшеничной хлебопекарной // *Universum: технические науки*. 2023. №. 1-3 (106). С. 42-46.
- 6 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. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.09.004
- 7 Анализ повреждённого крахмала с помощью прибора SD-A. URL: <https://erkaya.ru/analiz-krahmala/>
- 8 Секреты европейских мукомолов. URL: <https://enzoway.ru/articles/sekrety-evropeyskikh-mukomolov/>
- 9 ГОСТ ISO 17715–2015. Мука из мягкой пшеницы. Амперометрический метод определения повреждённого крахмала. Москва: Стандартинформ, 2016. 11 с.
- 10 Русяков В.А. Влияние поврежденности крахмальных гранул и бактериальной альфа-амилазы на хлебопекарные показатели муки // *Актуальные исследования*. 2023. № 5 (135). С. 39–44. URL: <https://apni.ru/article/5537-vliyanie-povrezhdennosti-krakhmalkh-granul>
- 11 Кузьмина С.С., Козубаева Л.А. Реологическое поведение теста из смеси пшеничной и ореховой муки // *Ползуновский вестник*. 2022. № 1. С. 7–14.
- 12 Кузьмина С.С., Козубаева Л.А., Егорова Е.Ю. Эффективность применения дезинтегратора в мукомольном производстве // *Ползуновский вестник*. 2022. № 3. С. 43–49.
- 13 Дремучева Г.Ф., Носова М.В. Результаты исследований хлебопекарных свойств пшеничной муки с использованием реоферментометра // *ХИПС*. 2021. № 3. С. 105–114.
- 14 Петриченко В.В., Путилина С.А., Strubbe B. Вся правда о свежести // *Хлебопродукты*. 2021. № 1. С. 22–25.
- 15 Vogel C., Scherf K. A., Koehler P. Effects of thermal and mechanical treatments on the physicochemical properties of wheat flour // *European Food Research and Technology*. 2018. V. 244. №. 8. P. 1367-1379. doi: 10.1007/s00217-018-3050-3
- 16 Horstmann S.W., Lynch K.M., Arendt E.K. Starch characteristics linked to gluten-free products // *Foods*. 2017. V. 6. №. 4. P. 29. doi: 10.3390/foods6040029
- 17 Sakhare S.D., Inamdar A.A., Indrani D., Madhu Kiran M.H. et al. Physicochemical and microstructure analysis of flour mill streams and milled products // *Journal of Food Science and Technology*. 2015. V. 52. P. 407-414. doi: 10.1007/s13197-013-1029-4.
- 18 Tapan N.A., Günay M.E., Yıldırım N. Application of Machine Learning for the Determination of Damaged Starch Ratio as an Alternative to Medcalf and Gilles Principle // *Food Analytical Methods*. 2023. V. 16. №. 3. P. 604-614. doi: 10.1007/s12161-022-02442-9
- 19 Barrera G.N., Tadini C.C., León A.E., Ribotta P.D. Use of alpha-amylase and amyloglucosidase combinations to minimize the bread quality problems caused by high levels of damaged starch // *Journal of food science and technology*. 2016. V. 53. P. 3675-3684. doi: 10.1007/s13197-016-2337-2


- 20 Rosell C.M. Georgios Angelidis, Styliani Protonotariou, Ioanna Mandala & // J Food Sci Technol. 2016. V. 53. P. 784-791. doi: 10.1007/s13197-015-1990-1
- 21 Barrera G.N. Pérez, G.T., Ribotta P.D., León A.E. Influence of damaged starch on cookie and bread-making quality // European Food Research and Technology. 2007. V. 225. P. 1-7. doi: 10.1007/s00217-006-0374-1
- 22 Barak S., Mudgil D., Khatkar B.S. Effect of flour particle size and damaged starch on the quality of cookies // Journal of food science and technology. 2014. V. 51. P. 1342-1348. doi: 10.1007/s13197-012-0627-x
- 23 Классификация и ассортимент крахмала. URL: <https://studfile.net/preview/4618441/page:50/>
- 24 Петриченко В.В., Strubbe B, Шаззо А.Ю. Клейковина или протеин? 2021. URL: <https://enzoway.ru/articles/kleykovina-ili-protein/>


References

- 1 Large encyclopedic dictionary Agriculture. M.: Great Russian Encyclopedia, 1998. 656 p.(in Russian).
- 2 Barrera G.N., Bustos M.C., Iturriaga L., Flores S.K. et al. Effect of damaged starch on the rheological properties of wheat starch suspensions. Journal of Food Engineering. 2013. vol. 116. no. 1. pp. 233-239. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2012.11.020
- 3 Ma S., Li L., Wang X.X., Zheng X.L. et al. Effect of mechanically damaged starch from wheat flour on the quality of frozen dough and steamed bread. Food Chemistry. 2016. vol. 202. pp. 120-124. doi:10.1016/j.foodchem.2016.01.075
- 4 Asmeda R., Noorlaila A., Norziah M.H. Relationships of damaged starch granules and particle size distribution with pasting and thermal profiles of milled MR263 rice flour. Food chemistry. 2016. vol. 191. pp. 45-51. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.05.095
- 5 Ravshanov S.S., Mirzaev D.D. The influence of flour particle size, small and mechanically damaged starch grains on the functional properties of wheat baking flour. Universum: technical sciences. 2023. no. 1-3 (106). pp. 42-46. (in Russian).
- 6 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. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.09.004
- 7 Analysis of damaged starch using the SD-A device. Available at: <https://erkaya.ru/analiz-krahmala/> (in Russian).
- 8 Secrets of European flour millers. Available at: <https://enzoway.ru/articles/sekrety-evropeyskikh-mukomolov/> (in Russian).
- 9 GOST ISO 17715-2015. Soft wheat flour. Amperometric method for determining damaged starch. Moscow, Standartinform, 2016. 11 p. (in Russian).
- 10 Ruslyakov V.A. The influence of damage to starch granules and bacterial alpha-amylase on the baking performance of flour. Current research. 2023. no. 5 (135). pp. 39-44. Available at: https://apni.ru/article/5537_vliyanie-povrezhdennosti-krakmalnikh-granul (in Russian).
- 11 Kuzmina S.S., Kozubaeva L.A. Rheological behavior of dough from a mixture of wheat and nut flour. Polzunovsky Bulletin. 2022. no. 1. pp. 7-14. (in Russian).
- 12 Kuzmina S.S., Kozubaeva L.A., Egorova E.Yu. Efficiency of using a disintegrator in flour milling production. Polzunovsky Bulletin. 2022. no. 3. pp. 43-49. (in Russian).
- 13 Dremucheva G.F., Nosova M.V. Results of studies of the baking properties of wheat flour using a rheoenzyme meter. HIPS. 2021. no. 3. pp. 105-114. (in Russian).
- 14 Petrichenko V.V., Putilina S.A., Strubbe B. The whole truth about freshness. Bread products. 2021. no. 1. pp. 22-25. (in Russian).
- 15 Vogel C., Scherf K. A., Koehler P. Effects of thermal and mechanical treatments on the physicochemical properties of wheat flour. European Food Research and Technology. 2018. vol. 244. no. 8. pp. 1367-1379. doi: 10.1007/s00217-018-3050-3
- 16 Horstmann S.W., Lynch K.M., Arendt E.K. Starch characteristics linked to gluten-free products. Foods. 2017. vol. 6. no. 4. pp. 29. doi: 10.3390/foods6040029
- 17 Sakhare S.D., Inamdar A.A., Indrani D., Madhu Kiran M.H. et al. Physicochemical and microstructure analysis of flour mill streams and milled products. Journal of Food Science and Technology. 2015. vol. 52. pp. 407-414. doi: 10.1007/s13197-013-1029-4
- 18 Tapan N.A., Günay M.E., Yıldırım N. Application of Machine Learning for the Determination of Damaged Starch Ratio as an Alternative to Medcalf and Gilles Principle. Food Analytical Methods. 2023. vol. 16. no. 3. pp. 604-614. Doi 10.1007/s12161-022-02442-9
- 19 Barrera G.N., Tadini C.C., León A.E., Ribotta P.D. Use of alpha-amylase and amyloglucosidase combinations to minimize the bread quality problems caused by high levels of damaged starch. Journal of food science and technology. 2016. vol. 53. pp. 3675-3684. doi: 10.1007/s13197-016-2337-2
- 20 Rosell C.M. Georgios Angelidis, Styliani Protonotariou, Ioanna Mandala &. J Food Sci Technol. 2016. vol. 53. pp. 784-791. doi: 10.1007/s13197-015-1990-1
- 21 Barrera G.N. Pérez, G.T., Ribotta P.D., León A.E. Influence of damaged starch on cookie and bread-making quality. European Food Research and Technology. 2007. vol. 225. pp. 1-7. doi: 10.1007/s00217-006-0374-1
- 22 Barak S., Mudgil D., Khatkar B.S. Effect of flour particle size and damaged starch on the quality of cookies. Journal of food science and technology. 2014. vol. 51. pp. 1342-1348. doi: 10.1007/s13197-012-0627 x
- 23 Classification and assortment of starch. Available at: <https://studfile.net/preview/4618441/page:50/> (in Russian).
- 24 Petrichenko V.V., Strubbe B, Shazzo A.Yu. Gluten or protein? 2021. Available at: <https://enzoway.ru/articles/kleykovina-ili-protein/> (in Russian).

Сведения об авторах

Елена П. Мелешкина д.т.н., директор, ВНИИЗ – филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Дмитровское шоссе, 11, г. Москва, 127434, Россия, e.meleshkina@fncps.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-1339-7150>

Светлана Н. Коломиец к.с.-х.н., отдел безопасности и качества зерна и зернопродуктов, ВНИИЗ – филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Дмитровское шоссе, 11, г. Москва, 127434, Россия, s.kolomiets@fncps.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-3130-2285>

Наталья С. Жильцова ведущий инженер-исследователь, отдел безопасности и качества зерна и зернопродуктов, ВНИИЗ – филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Дмитровское шоссе, 11, г. Москва, 127434, Россия, n.zhiltsova@fncps.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-3436-6049>

Вклад авторов

Елена П. Мелешкина консультация в ходе исследования

Светлана Н. Коломиец написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат


Наталья С. Жильцова предложила методику проведения эксперимента

Конфликт интересов


Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors


Elena P. Meleshkina Dr. Sci. (Engin.), director, VNIIZ branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbatova RAS, 11 Dmitrovskoe highway, Moscow, 127434, Russia, e.meleshkina@fncps.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1339-7150>

Svetlana N. Kolomiets Cand. Sci. (Agric.), safety and quality of grain and grain products department, VNIIZ branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbatova RAS, 11 Dmitrovskoe highway, Moscow, 127434, Russia, s.kolomiets@fncps.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3130-2285>

Natalya S. Zhiltsova lead research engineer, safety and quality of grain and grain products department, VNIIZ branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbatova RAS, 11 Dmitrovskoe highway, Moscow, 127434, Russia, n.zhiltsova@fncps.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3436-6049>

Contribution

Elena P. Meleshkina consultation during the study

Svetlana N. Kolomiets wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Natalya S. Zhiltsova proposed a scheme of the experiment

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 26/06/2023	После редакции 21/07/2023	Принята в печать 16/08/2023
Received 26/06/2023	Accepted in revised 21/07/2023	Accepted 16/08/2023