

А. В. Покрашинская¹, Ж. В. Кошак²

¹УО «Гродненский государственный аграрный университет», г. Гродно, Республика Беларусь,

²РУП «Институт рыбного хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАКАРОННОГО ТЕСТА ПРИ ВНЕСЕНИИ ПОРОШКА АРОНИИ ЧЕРНОПЛОДНОЙ

Аннотация. Реологические свойства макаронного теста влияют на технологические этапы производства и на качество получаемой продукции. В статье приведены результаты исследования реологических свойств макаронного теста с использованием анализатора текстуры «Структурометр СТ-2». Анализу подвергались образцы макаронного теста с внесением от 1 до 5 % пищевого порошка аронии черноплодной. Графики. Полученные в процессе исследований позволяют определить пластическую, упругую и общую деформацию теста при различных дозировках порошка аронии черноплодной. Установлено, что порошок аронии черноплодной благодаря высокому содержанию пектиновых веществ образованию плотной пространственной трехмерной структуры, приводящей к стабилизации макаронного теста. Использование порошка аронии в количестве 5 % способствует улучшению реологических свойств макаронного теста: уменьшению пластических свойств приблизительно на 1 %; повышению упругих свойств на 23,1 %; снижению общей деформации на 31,1 %; продолжительность деформации теста становится ниже на 1,6 %; время релаксации повышается на 6,3 %; величина деформации снижается на 2,1 %.

Ключевые слова: макаронное тесто, реологические свойства, порошок аронии черноплодной.

A. V. Pokrashinskaya¹, Z. V. Koshak²,

¹The Grodno State Agrarian University, Grodno, Republic of Belarus,
e-mail: pokrashinskaya@gmail.com

²RUE «Institute for Fish Industry», Minsk, Republic of Belarus

STUDY OF CHANGES IN RHEOLOGICAL PROPERTIES OF PASTA TEST WHEN ADMINISTRATION OF ARONIA BLACK POWDER

Abstract. The rheological properties of pasta dough affect the technological stages of production and the quality of the products obtained. The article presents the results of a study of the rheological properties of pasta dough using the texture analyzer «Structurometer ST-2». Samples of pasta dough were analyzed with the addition of from 1 to 5% of aronia prunus food powder. Charts. The results obtained in the course of research allow us to determine the plastic, elastic and general deformation of the dough at different dosages of aronia prune powder. It has been established that the aronia prune powder, due to the high content of pectin substances, forms a dense spatial three-dimensional structure that leads to the stabilization of the pasta dough. The use of aronia powder in an amount of 5% improves the rheological properties of pasta dough: a decrease in plastic properties by approximately 1%; an increase in elastic properties by 23.1%; a decrease in total deformation by 31.1%; the duration of deformation of the dough becomes lower by 1.6%; relaxation time increases by 6.3%; and the amount of deformation decreases by 2.1%.

Keywords: pasta dough, rheological properties, chokeberry powder.

Введение. Реологические свойства макаронного теста играют весьма важную роль в процессе производства макаронных изделий. Изменение пластических и упругих свойств оказывает влияние как на технологические этапы производства, так и на качество получаемой продукции [1, 2].

Как показывают результаты патентного поиска, с целью изменения реологических свойств макаронного теста могут использоваться различные добавки: измельченный или высушенный корень скорцонеры [3], измельченные семена амаранта и проса совместно с гемицеллюлозой и аскорбино-

вой кислотой [4] или с солями фосфорной кислоты [5], мука люпиновая и желатин в виде коллоидного раствора [6], куркума [7], эмульгаторы, моно- и диглицериды, различные органические кислоты, антиоксиданты [8]. Применение данных компонентов приводит к изменению упруго-вязких и пластичных свойств теста, облегчая процесс прессования, способствует повышению прочности сухих изделий и варочных свойств готовых изделий, улучшению внешнего вида и вкусовых качеств.

Перспективным направлением в развитии макаронной промышленности является использование местных плодов и ягод в предварительно высушенном и измельченном виде. Предметом исследований в настоящей работе являются макаронные изделия с использованием порошка аронии черноплодной, Плоды аронии обладают антиоксидантными и противоаллергическими свойствами, применяются для профилактики и лечения многих заболеваний, способствуют повышению аппетита и понижению артериального и внутричерепного давления [9, 10, 11].

Проведенные исследования показали, что пищевой порошок аронии содержит более 75 % пектиновых веществ в пересчете на сухое вещество [12]. Также было изучено влияние порошка аронии на количество и качество клейковины [13], на качество макаронных изделий из муки нормального качества [14] и муки с низким содержанием клейковины [15], на параметры замеса, прессования и сушки макаронных изделий [16, 17].

Однако влияние различных дозировок пищевого порошка аронии черноплодной на реологические свойства (пластическую, упругую и общую деформацию) макаронного теста ранее не исследовалось.

Результаты исследований и их обсуждение. При проведении исследований использовалась мука пшеничная высшего сорта М54-25 [18] и порошок аронии черноплодной [19].

Аналізу подвергались образцы макаронного теста с внесением пищевого порошка аронии черноплодной в количестве 1–5 % от массы муки. В качестве контроля исследовалось макаронное тесто без внесения пищевого порошка аронии черноплодной. Влажность образцов макаронного теста равнялась 32,5 %, а температура — 30 °С.

Исследования реологических свойств макаронного теста проводились с помощью анализатора текстуры «Структурометр СТ-2» [20]. При проведении исследований использовались разъемная кювета со следующими внутренними размерами: длина 0,06 м, ширина 0,06 м, глубина 0,06 м и насадка-индентор «Шарик» диаметром 0,015 м. В результате измерения был построен график — кривая сжатия для контрольного образца макаронного теста (рис. 1).

На кривой сжатия можно выделить два участка: нагружения и разгрузки. При воздействии нагрузки равной 7 г на материал с постоянной скоростью равной 0,5 мм/с прирост нагрузки неравномерен. Скорость изменения усилия к концу процесса значительно выше, чем в начале и нагрузка достигает своей максимальной величины равной 3000 г. В этом случае макаронное тесто ведет себя как нелинейно упругое тело. При прекращении нагрузки деформация пробы достигает своего максимума (общая деформация). При перемещении индентора в обратном направлении нагрузка уменьшается с постоянной скоростью равной 0,5 мм/с.

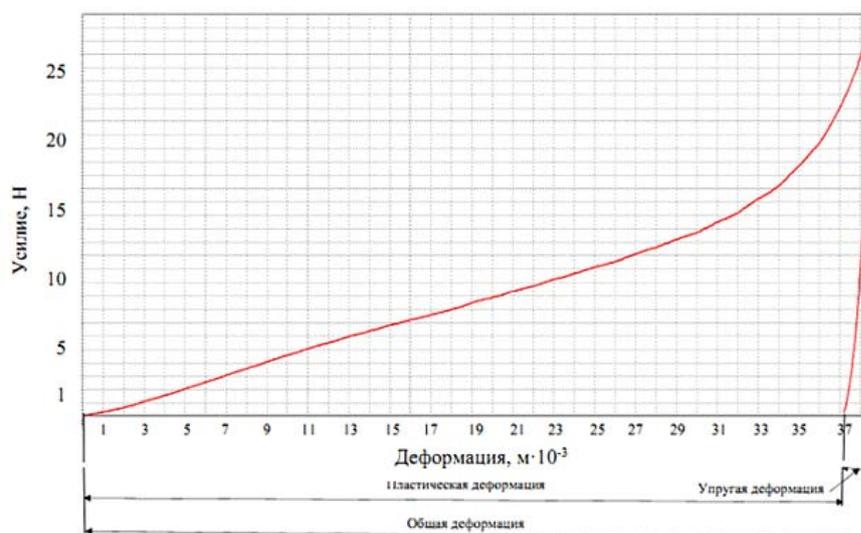


Рис. 1. Кривая сжатия для контрольного образца макаронного теста
 Fig. 1. Compression curve for a control sample of pasta dough

В данном случае макаронное тесто проявляет свойства линейно упругого тела. При снижении нагрузки до минимума резко уменьшается скорость изменения нагрузки. При полном отсутствии нагрузки пластическая деформация не равна нулю, т.е. макаронное тесто имеет остаточную деформацию, свидетельствующую о его пластических свойствах [21].

На рис. 2–4 представлены изменения пластических и упругих свойств, а также общей деформации макаронного теста в зависимости от дозировки порошка аронии черноплодной.

Анализ рис. 2 показывает, что пластические свойства теста в зависимости от дозировки вносимого порошка аронии изменяются не по линейному закону. Внесение порошка в количестве до 2 % приводит к повышению пластичности на 33,9 % по сравнению с контрольным образцом. Связано это с тем, что внесение порошка аронии черноплодной приводит к снижению количества клейковины, т.е. тесто становится более пластичным. Дальнейшее увеличение дозировки порошка аронии приводит к постепенному снижению пластичности. Так, при дозировке порошка в количестве 5 % пластические свойства снижаются на 35,1 % по сравнению с образцом макаронного теста с внесением 2 % порошка аронии. Снижение пластических свойств макаронного теста при внесении дозировок пищевого порошка в количестве от 2 до 5 % обусловлено наличием пектиновых веществ в его составе, которые влияют на структуру макаронного теста.

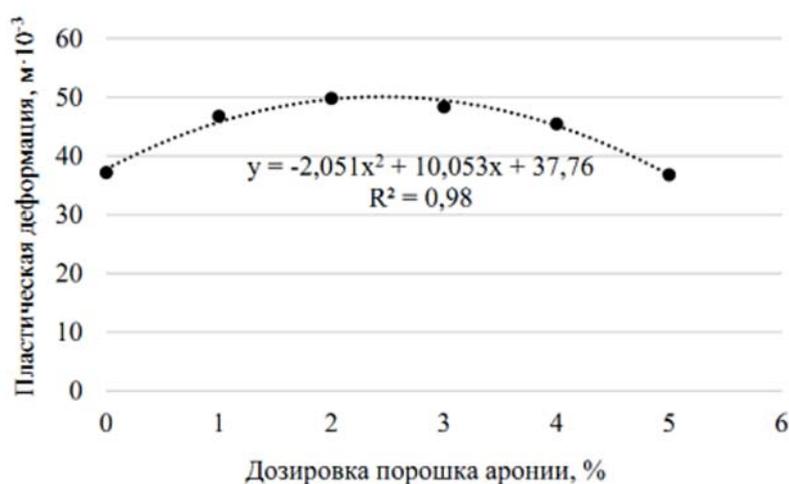


Рис. 2. Изменение пластических свойств макаронного теста при нагрузке 29,43 Н (3000 г) в зависимости от дозировки порошка аронии

Fig. 2. Change in the plastic properties of pasta dough under a load of 29.43 N (3000 g) depending on the dosage of chokeberry powder

Пектиновые вещества являются стабилизаторами, гелеобразователями и загустителями. Их свойства проявляются при замесе макаронного теста. Полимерные молекулы пектина взаимодействуют друг с другом с помощью химических водородных связей, образуя плотную пространственную трехмерную структуру [22]. С увеличением количества пектиновых веществ в тесте его структура становится более плотной, а, следовательно, и более упругой. Образование такой трехмерной структуры обуславливает снижение пластических свойств макаронного теста при внесении порошка аронии черноплодной.

Пластичность теста, в свою очередь, оказывает влияние на скорость прессования, а значит, и на производительность пресса. Чем выше пластичность, тем быстрее тесто будет проходить через каналы матрицы, тем самым повышая производительность пресса [23]. Результаты проведенного исследования показывают, что внесение порошка аронии черноплодной в количестве от 1 до 3 % приводит к улучшению пластических свойств теста, а затем наблюдается их снижение. При дозировке порошка аронии черноплодной 5 % происходит незначительное уменьшение пластической деформации — на 1 % по сравнению с контролем. Следовательно, внесение порошка аронии в количестве до 5 % приводит к незначительному снижению производительности пресса (приблизительно на 1,5 %).

При анализе рис. 3 установлено, что внесение порошка аронии в количестве до 2 % приводит к снижению упругости макаронного теста на 23,1 % по сравнению с контрольным образцом. Дальнейшее увеличение дозировки порошка аронии до 5 % приводит к повышению упругости в 1,6 раза, а по сравнению с контрольным образцом — на 23,1 %.

Упругие свойства теста оказывают влияние на качество сырых макаронных изделий, а также на варочные свойства готовой продукции. Более упругие изделия лучше сохраняют свою форму в про-

цессе сушки и в процессе варки, что способствует сокращению количества сухих веществ, перешедших в варочную воду. В связи с тем, что внесение 5 % порошка аронии черноплодной в макаронное тесто повышает его упругие свойства на 23,1 %, происходит и улучшение качества макаронной продукции.

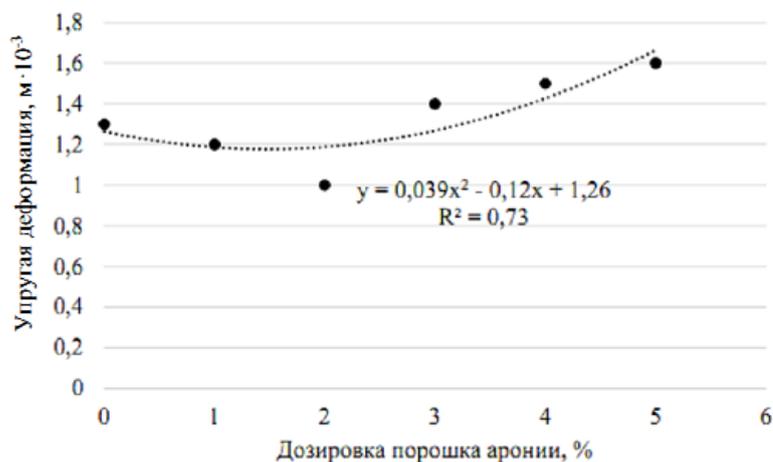


Рис. 3. Изменение упругих свойств макаронного теста при нагрузке 29,43 Н (3000 г) в зависимости от дозировки порошка аронии

Fig. 3. Changes in the elastic properties of pasta dough under a load of 29.43 N (3000 g) depending on the dosage of chokeberry powder

Динамика изменения общей деформации (рис. 4) аналогична изменениям пластической деформации (рис. 2). При дозировке порошка аронии до 2 % происходит увеличение общей деформации макаронного теста на 31,6 % по сравнению с контрольным образцом. При дальнейшем увеличении количества вносимого порошка происходит снижение общей деформации на 31,1 %. Дозировка 5 % порошка аронии обуславливает общую деформацию макаронного теста на уровне контрольного образца.

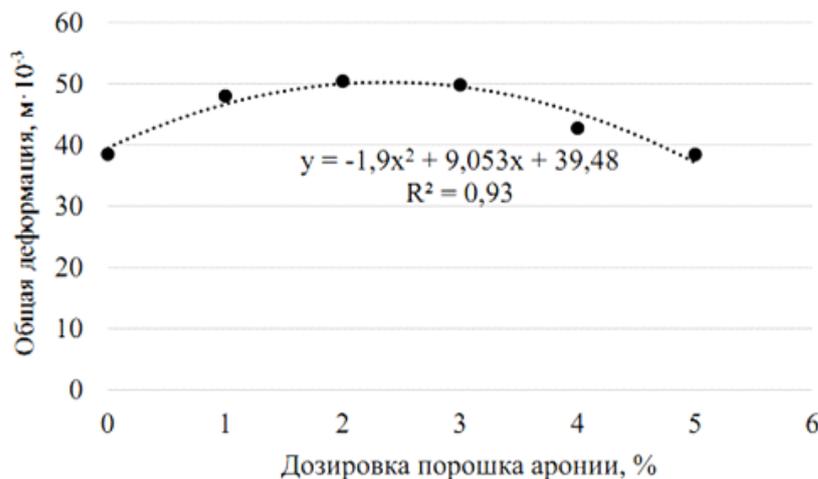


Рис. 4. Изменение общей деформации макаронного теста при нагрузке 29,43 Н (3000 г) в зависимости от дозировки порошка аронии

Fig. 4. Change in the total deformation of the pasta dough under a load of 29.43 N (3000 g) depending on the dosage of chokeberry powder

При исследовании реологических свойств макаронного теста также были получены зависимости усилия от продолжительности деформации при различной дозировке порошка аронии черноплодной. Кривая зависимости усилия от продолжительности деформации контрольного образца макаронного теста представлена на рисунке 5.

На кривой, представленной на рис. 5, выделяется два участка. Первый отражает продолжительность деформации, т.е. промежуток времени, в течение которого достигается максимальное усилие, равное 29,43 Н (3000 г), которое воздействует на образец теста. Под воздействием усилия в макаронном тесте проявляются внутренние напряжения, которые, после снятия усилия, постепенно исчезают. Следовательно, второй участок — время релаксации, т.е. промежуток времени, в течении которого проходит внутреннее напряжение [24].

На рис. 6 представлена диаграмма изменения продолжительности деформации макаронного теста в зависимости от дозировки порошка аронии.

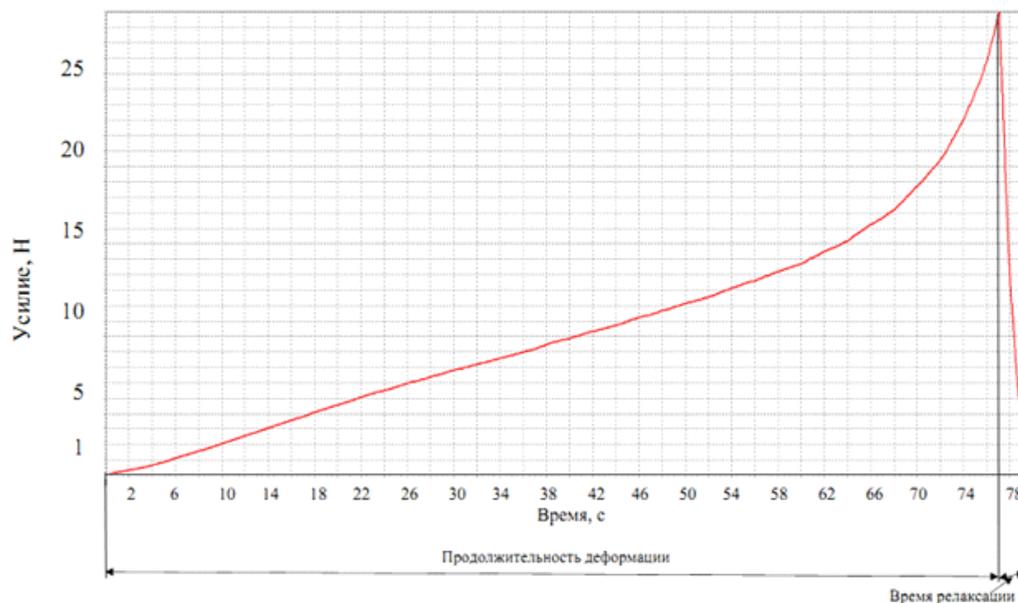


Рис. 5. Кривая зависимости усилия от продолжительности деформации контрольного образца макаронного теста

Fig. 5. Curve of dependence of effort on the duration of deformation of the control sample of pasta dough

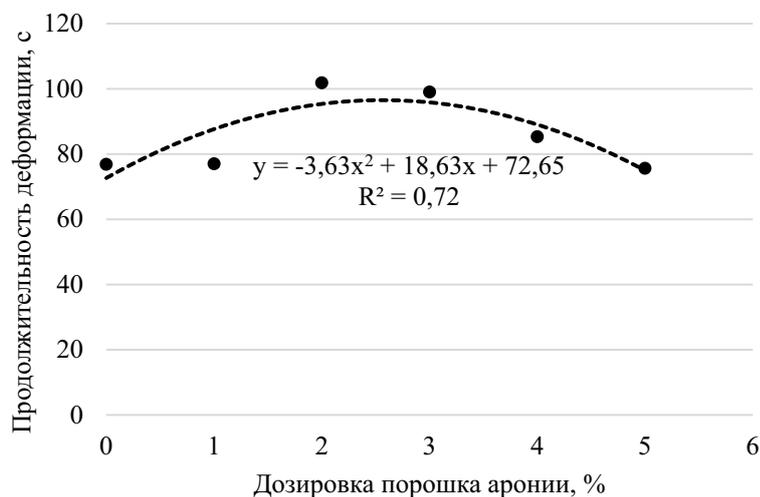


Рис. 6. Изменение продолжительности деформации макаронного теста при нагрузке 29,43 Н (3000 г) в зависимости от дозировки порошка аронии

Fig. 6. Change in the duration of deformation of pasta dough under a load of 29.43 N (3000 g) depending on the dosage of chokeberry powder

Анализируя рис. 6, можно сделать вывод, что внесение различных дозировок используемого порошка по-разному влияет на промежуток времени, в течении которого достигается максимальное усилие. Если внесение 1 % порошка не оказывает влияния на данный показатель, то уже дозировка в количестве 2 % увеличивает продолжительность деформации теста на 32,2 %.

Это свидетельствует о том, что тесто становится более пластичным, за счет уменьшения доли клейковины и, следовательно, в меньшей степени сопротивляется прилагаемому усилию. В данном случае насадка-индентор погружается на большую глубину и продолжительность деформации увеличивается. Дальнейшее увеличение дозировки порошка аронии приводит к постепенному снижению продолжительности деформации, что связано с увеличением упругих свойств макаронного теста под действием пектиновых веществ порошка аронии. При добавлении 5 % порошка данный показатель становится ниже на 1,6 % по сравнению с контрольным образцом. Такие изменения свидетельствуют о стабилизации макаронного теста при внесении порошка аронии, благодаря образованию трехмерной пространственной структуры.

Изменение времени релаксации в зависимости от дозировки порошка аронии черноплодной представлено на рис. 7.

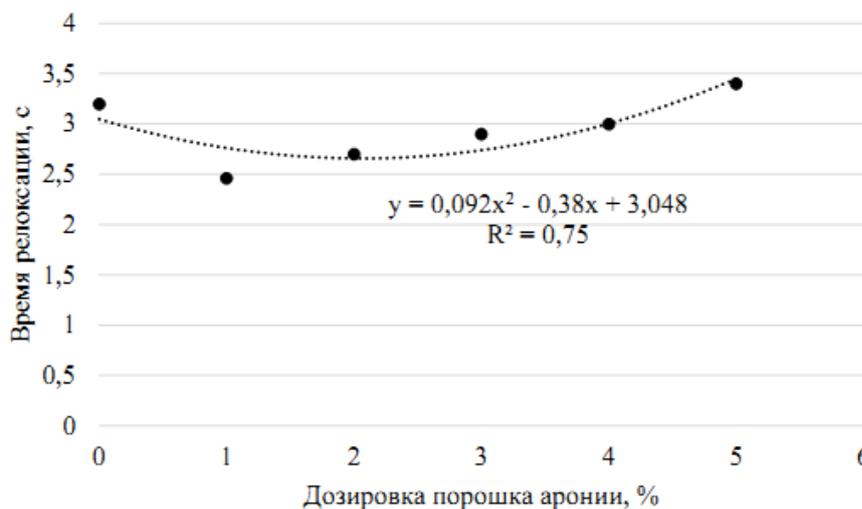


Рис. 7. Изменение времени релаксации макаронного теста при нагрузке 29,43 Н (3000 г) в зависимости от дозировки порошка аронии
 Fig. 7. Changing the relaxation time of pasta dough under a load of 29.43 N (3000 g) depending on the dosage of chokeberry powder

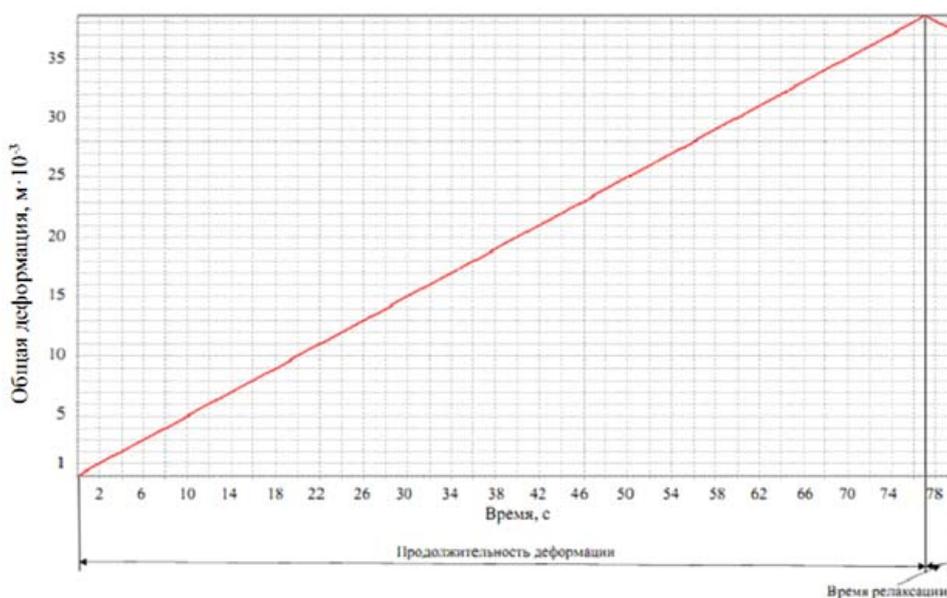


Рис. 8. Кривая зависимости деформации от продолжительности деформации контрольного образца макаронного теста
 Fig. 8. Curve of the dependence of deformation on the duration of deformation of the control sample of pasta dough

Анализ приведенных данных (рис. 7), свидетельствует о том, что дозировка порошка аронии оказывает влияние на время релаксации макаронного теста. Так, внесение порошка в количестве 1 % приводит к уменьшению времени релаксации на 40,6 % по сравнению с контрольным образцом. Дальнейшее повышение дозировок порошка приводит к постепенному увеличению данного показателя. При внесении 5 % порошка время релаксации превышает показатель контрольного образца на 6,3 %. Такие изменения времени релаксации связаны с изменением упруго-пластичных свойств макаронного теста, о которых упоминалось ранее.

При проведении исследований также были получены зависимости деформации от времени воздействия прикладываемого усилия на образец макаронного теста при различной дозировке порошка аронии черноплодной. Зависимость деформации от времени воздействия прикладываемого усилия на контрольный образец макаронного теста представлена на рис. 8.

На кривой, представленной на рис. 8, наглядно видно два участка. С помощью первого участка можно определить величину деформации, которая достигается при максимальном усилии при определенной продолжительности деформации. Второй участок — время релаксации.

Заключение. В ходе проведенных исследований было выявлено влияние различных дозировок пищевого порошка аронии черноплодной на реологические свойства макаронного теста. Установлено, что использование порошка аронии в количестве 5 % приводит к стабилизации макаронного теста, способствует улучшению его реологических свойств: уменьшению пластических свойств приблизительно на 1 %; повышению упругих свойств на 23,1 %; снижению общей деформации на 31,1 %; продолжительность деформации теста становится ниже на 1,6 %; время релаксации повышается на 6,3 %. Данные изменения реологических свойств необходимы для поддержания необходимого уровня производительности прессы и получения качественных макаронных изделий.

Список использованных источников

1. *Медведев Г.М.* Технология макаронного производства. Москва: Колос, 2000. — 264 с.
2. *Осипова, Г.А.* Технология макаронного производства: учебное пособие для вузов / Г.А. Осипова. — Орел: Орел ГТУ, 2009. — 153 с.
3. Способ производства макаронных изделий: пат. 2323591 Россия: МПК6 А23 L 1/16 / Жиркова Е.В., Диденко У.Н., Малкина В.Д., Мартиросян В.В., Оробинская В.Н.; заявитель Гос. образ. учрежд. высш. проф. образ. Федерал. по образ. Пятигорск. гос. технол. ун-т. №2007104695/13; заявл. 07.02.2007; опубл. 10.05.2008.
4. Способ производства макаронных изделий: пат. 2277801 Россия: МПК6 А23 L 1/16 / Малкина В.Д., Мартиросян В.В., Диденко У.Н., Жиркова Е.В.; заявитель Федерал. аг-во по образ. гос. образ. учрежд. высш. проф. образ. Моск. гос. ун-т технол. и упр. №2005121504/13; заявл. 11.07.2005; опубл. 20.06.2006.
5. Способ производства макаронных изделий с использованием нетрадиционного сырья — амаранта: пат. 2222223 Россия: МПК6 А23 L 1/16 / Петрова Е.В., Шерстнева М.В., Шнейдер Д.В.; заявитель ГосНИИ х/п пр-ти, гос. унитар. пред-е ЗАО «Макарон-Сервис». №2001125728/13; заявл. 21.09.01; опубл. 27.01.04.
6. Макароны изделия: пат. 30487 Украина: МПК6 А23 L 1/16 / Ширкунова О.В., Юрчак В.Г., Корж Т.В., Безщастна О.А., Манк В.В.; заявитель Укр. держ. ун-т харчов. технол. №98052487; заявл. 13.05.98; опубл. 15.11.2000.
7. *Вандокурова, Н.И.* Повышение биологической ценности макаронных изделий / Н.И. Вандокурова Н.Б. Шарфунова, Н.И. Уварова // Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов: сб. науч. раб. Кемерово, 2007. — Вып 14. — С. 4.
8. *Nanu-Pacurar Dianaa.* Additives used in flour pasta fabrication / Nanu-Pacurar Dianaa, I. Danciub // Journal of agroalimentary processes and technologies. 2008. №14. P. 306-308.
9. *Школьник, Ю.* Растения. Полная энциклопедия / Ю. Школьник. — М.: Эксмо, 2007. — 257 с.
10. Большая книга о плодах и ягодах — М.: Харвест, 2002. — 232 с.
11. Черноплодная рябина / [Электронный ресурс] — 2010-2019. — Режим доступа: / <https://edaplus.info/produce/chokeberry.html>. — Дата доступа: 12.12.2018.
12. *Кошак, Ж.В.* Использование натуральных порошков из плодов и ягод для обогащения мучных продуктов питания / Ж.В. Кошак, Л.В. Рукшан, А.В. Покрашинская // Наука — главный фактор инновационного прорыва в пищевой промышленности / Сборник материалов форума, посвященного 85-летию со дня основания НИИ хлебопекарной промышленности, 23-24 ноября 2017 г. — М.: НИИХП, 2017. — С. 104–106.
13. *Кошак, Ж. В.* Подбор оптимальных параметров производства макаронных изделий с порошком аронии / Кошак, Ж.В., А.В. Покрашинская // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2020. — № 1. — С. 20–27.

14. Кошак, Ж. В. Влияние порошка аронии черноплодной в составе макаронных изделий на их качество / Ж.В. Кошак, Л.В. Рукшан, А.В. Покрашинская // Вестник МГУП. — 2019. — № 1. — С. 24–30.
15. Koshak, Z. Chokeberry powder as an improver for pasta / Z. Koshak, A. Pokrashinskaya // Technology and safety of food products. — 2020. — № 1. — P. 126–134.
16. Покрашинская, А. В. Подбор оптимальных параметров замеса и прессования макаронных изделий с порошком аронии / А.В. Покрашинская // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XXII международной научно-практической конференции, 7 июня 2019 г. — Гродно, 2019. — С. 107–109.
17. Покрашинская, А. В. Подбор оптимальных параметров сушки макаронных изделий с порошком аронии / А.В. Покрашинская // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XXII международной научно-практической конференции, 7 июня 2019 г. — Гродно, 2019. — С. 109–111.
18. СТБ 1666-2006 Мука пшеничная. Технические условия. — Мн.: Госстандарт, 2011. — 13 с.
19. ТУ 10.39.25-002-01067733-2017 Фрукты, ягоды и плоды сушеные и вяленые, и их смеси фасованные. — М.: Госстандарт, 2017. — 26 с.
20. Анализатор текстуры “Структурометр СТ-2”. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: / <https://www.strukturoometr.ru>. — Дата доступа: 10.02.2021.
21. Максимов, А. С. Реология пищевых продуктов / А.С. Максимов, В.Я. Черных. — СПб.: ГИОРД, 2006. — 176 с.
22. Пектины. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: / <https://ru.wikipedia.org>. — Дата доступа: 20.03.2021.
23. Казеннова, Н. К. Формирование качества макаронных изделий: монография / Н.К. Казеннова, Д.В. Шнейдер, Т.Б. Цыганова. — М.: ДеЛипринт, 2009. — 99 с.
24. Липатов, Ю. С. Физико-химические основы наполнения полимеров / Ю.С. Липатов. — М.: Химия, 1991. — 260 с.

Информация об авторах

Покрашинская Алла Владимировна — магистр технических наук, старший преподаватель кафедры технологии хранения и переработки растительного сырья УО «Гродненский государственный аграрный университет» (230008, Республика Беларусь, г. Гродно, ул. Терешковой, 28). E-mail: pokrashinskaya@gmail.com

Кошак Жанна Викторовна — кандидат технических наук, доцент, заведующая лабораторией кормов РДУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (220024, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Стебенева, 22). E-mail: koshak.zn@gmail.com

Information about authors

Pokrashinskaya Alla Vladimirovna — master of technical sciences, senior lecturer, department of technology of storage and processing of vegetable raw materials, Grodno State Agrarian University (28 Tereshkova St., 230008, Grodno, Republic of Belarus). E-mail: pokrashinskaya@gmail.com

Koshak Zhanna Viktorovna — PhD (Engineering), associate professor, head of the feed laboratory of the RDUE “Institute of Fisheries” RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Livestock” (22 Stebeneva St., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: koshak.zn@gmail.com