

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КАРТОФЕЛЬНОГО КРАХМАЛА

М.Н. Василевская, А.В. Киркор, Е.Ф. Тихонович, Е.А. Назаренко

Изучен процесс сушки макаронных изделий из картофельного крахмала с добавлением модифицированных крахмалов. Исследовано влияние температуры сушильного воздуха и вида модифицированного крахмала на потребительские характеристики макаронных изделий. Для макаронных изделий из картофельного крахмала, изготовленных с различными модифицированными крахмалами, определены температуры сушки, позволяющие получить готовый продукт с наилучшими потребительскими характеристиками.

Введение

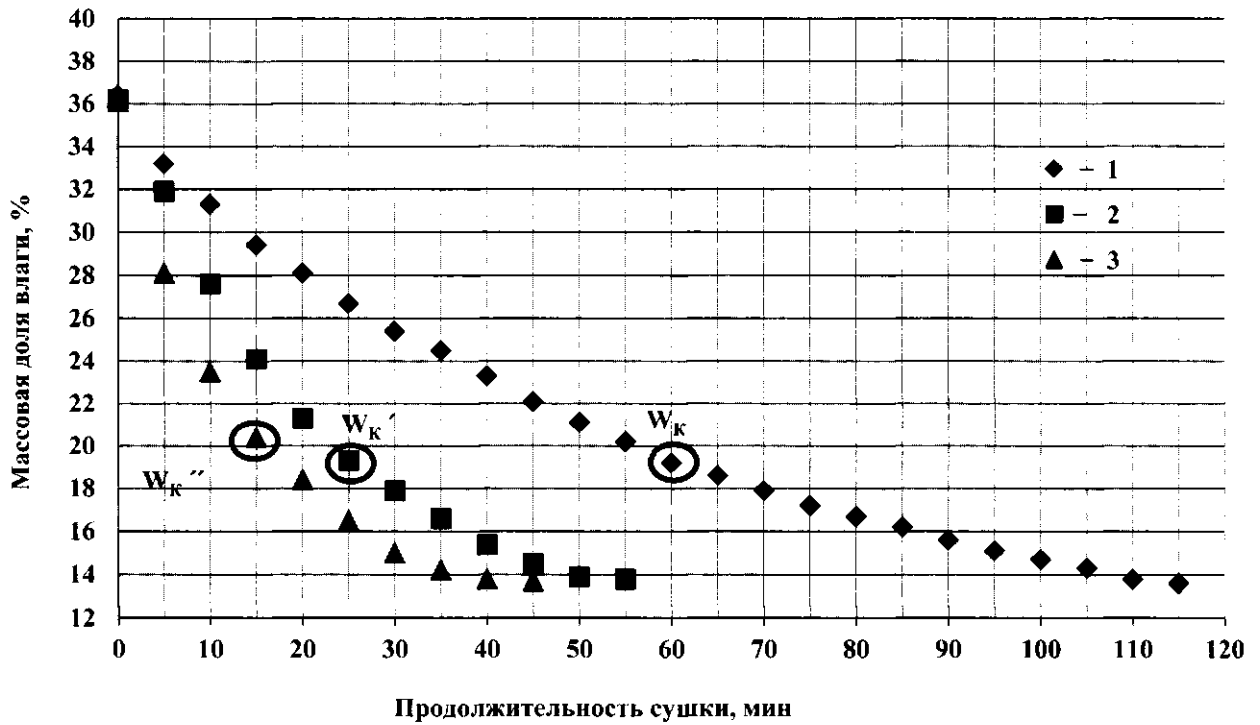
Одним из важных этапов производства макаронных изделий является сушка. Выбор и соблюдение режимов сушки влияет на качество макаронных изделий и определяет продолжительность технологического процесса их изготовления. Поведение пищевых продуктов в процессе сушки, определяется, главным образом, химическим составом, а также физическими и структурно-механическими свойствами основного сырья. Так, при производстве традиционных макаронных изделий, изготавливаемых из пшеничной муки, одним из основных компонентов ее химического состава является белок, который обуславливает структуру изделий, и в значительной степени определяет их поведение при сушке [1]. При производстве макаронных изделий из крахмала в качестве структурообразующего компонента могут выступать различные модифицированные крахмалы, которые, вероятно, так же как и белок в традиционных изделиях, будут оказывать влияние на процесс высушивания изделий.

В литературных источниках информация о процессе сушки макаронных изделий из крахмала представлена отрывочными сведениями и недостаточно полно. В связи с этим целью настоящей работы являлось исследование процесса сушки макаронных изделий из картофельного крахмала, изготовленных с использованием различных модифицированных крахмалов, и изучение влияния температуры сушильного агента на потребительские характеристики готовых изделий.

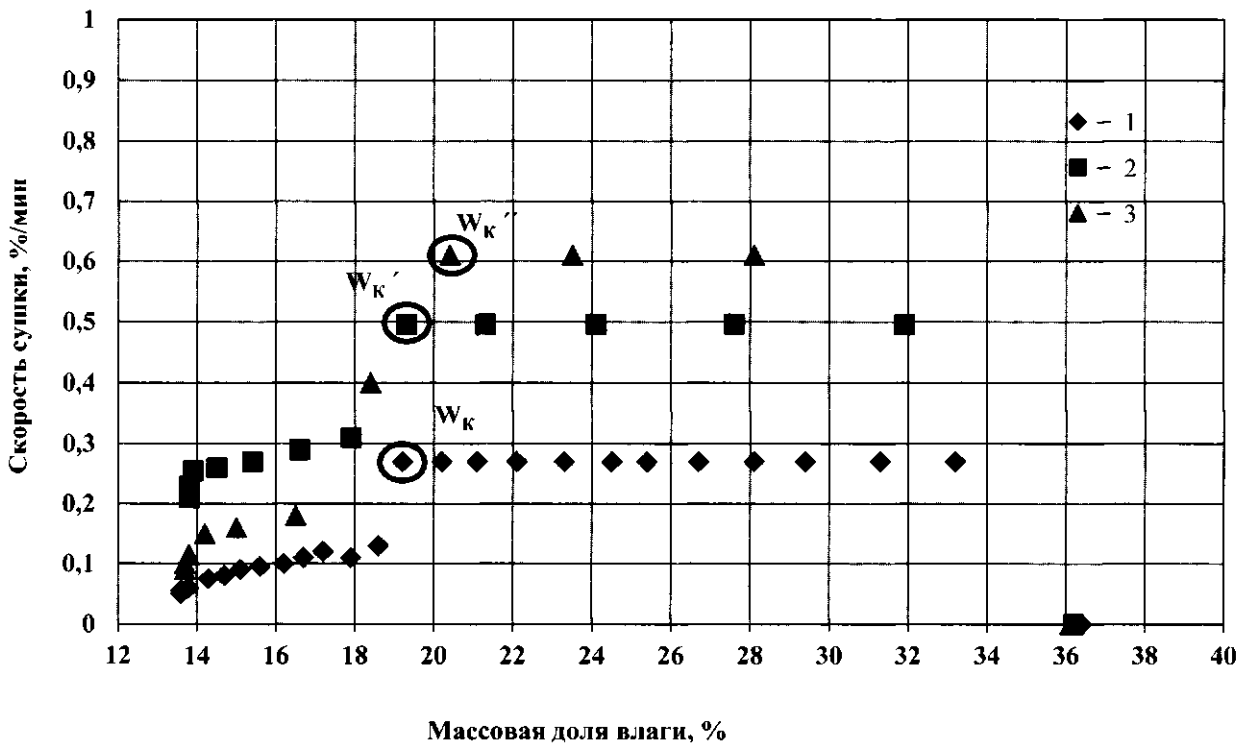
Результаты исследований и их обсуждение

В настоящих исследованиях макаронные изделия изготавливали из нативного картофельного крахмала. В качестве структурообразующих добавок использовали следующие модифицированные крахмалы – кукурузный экструзионный крахмал (далее КЭК), гидроксипропилдикрахмал фосфат, имеющий коммерческое название «крахмал холодного набухания» (далее КХН) и ацетилованный дикрахмаладионат, известный под коммерческим названием «крахмал горячего набухания» (далее КГН), в дозировках установленных ранее [1]. Изделия изготавливали при помощи лабораторного макаронного пресса ПМ-1 в виде лапши. Сушку изделий осуществляли конвективным способом с использованием сушильного шкафа СЭШ-3М. В качестве сушильного агента выступал воздух температурой от 40 до 60 °С с шагом варьирования 10 °С. Высушивание макаронных изделий проводили до достижения ими влажности 13 % – 14 %. Процесс сушки макаронных изделий из крахмала анализировали путем построения кривых сушки и скорости сушки, отражающих характер и динамику изменения влажности изделий при высушивании.

Кривые сушки и скорости сушки макаронных изделий из картофельного крахмала с добавлением различных модифицированных крахмалов, высушенные воздухом различной температуры, представлены на рисунках 1–3.



а)

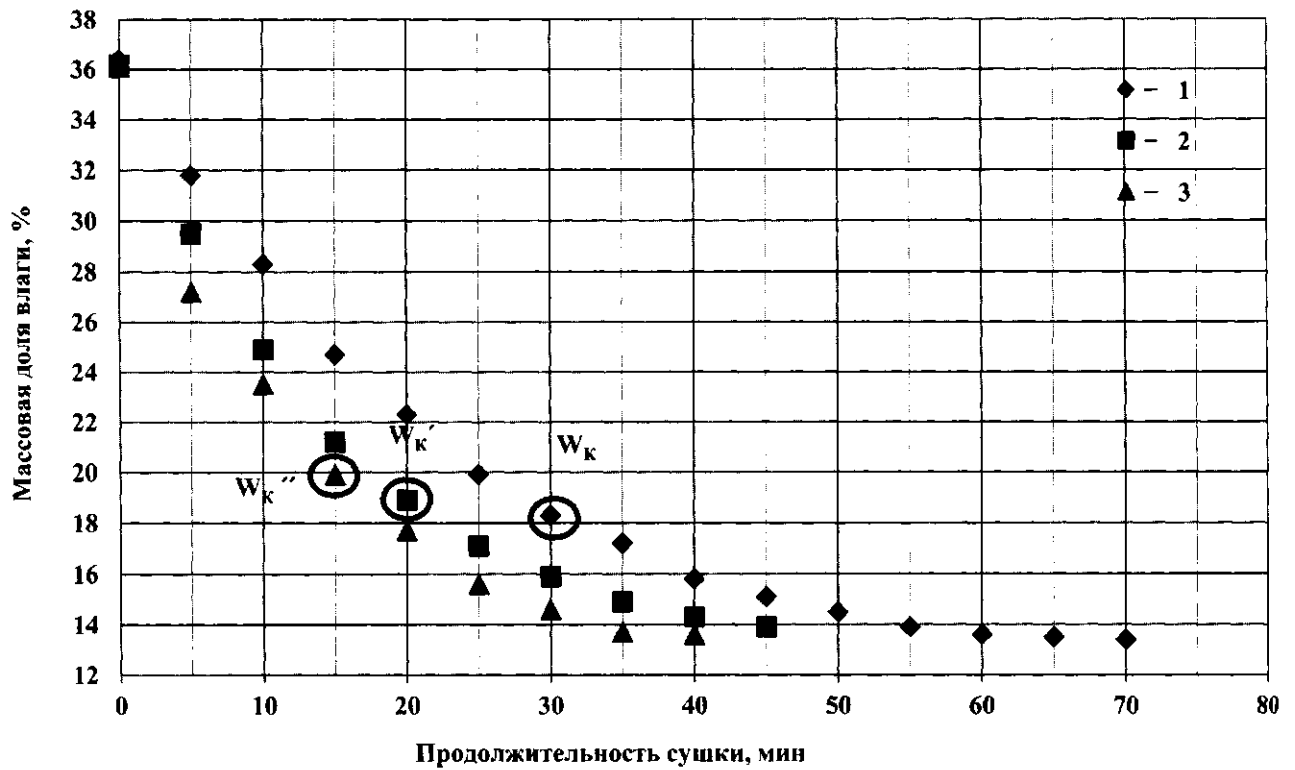


б)

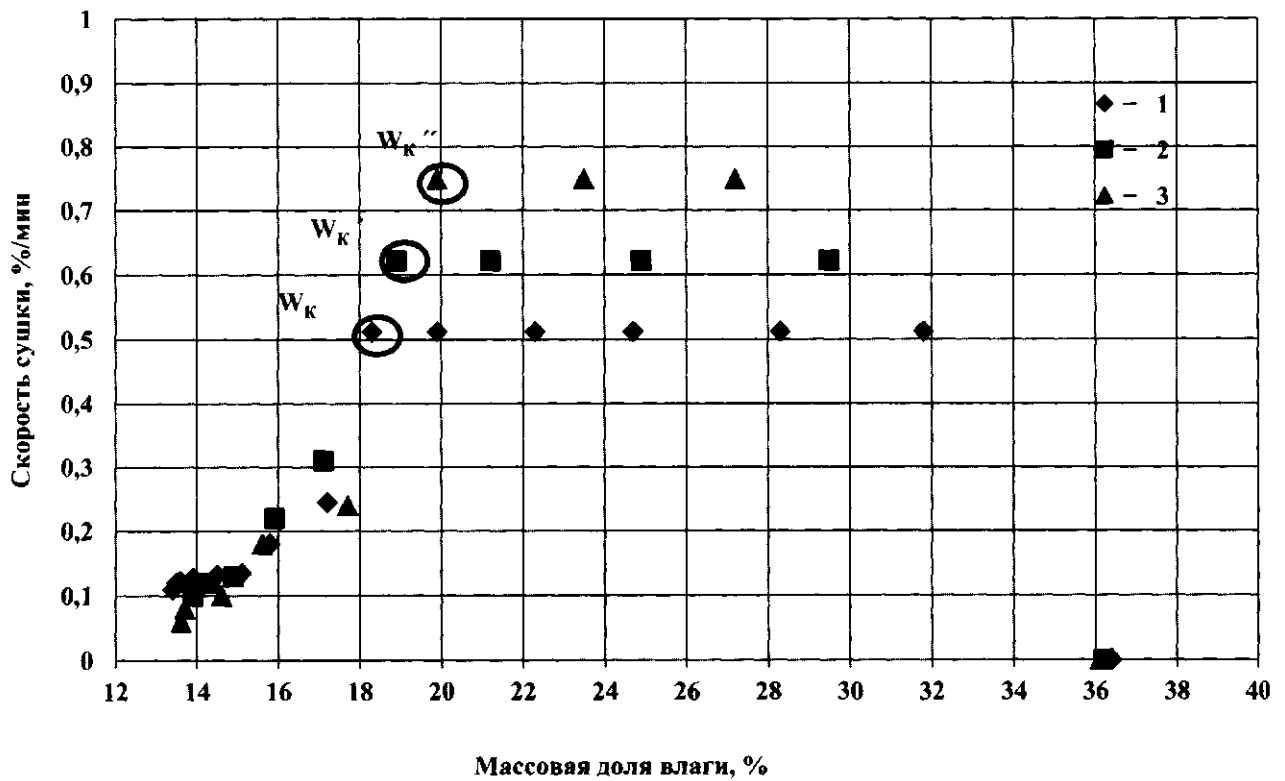
1 – КХН; 2 – КЭК; 3 – КГН;

○ – обозначение критической влажности макаронных изделий;

Рисунок 1 – Кривые сушки (а) и скорости сушки (б) макаронных изделий из картофельного крахмала с добавлением различных модифицированных крахмалов при температуре сушильного воздуха 40 °С

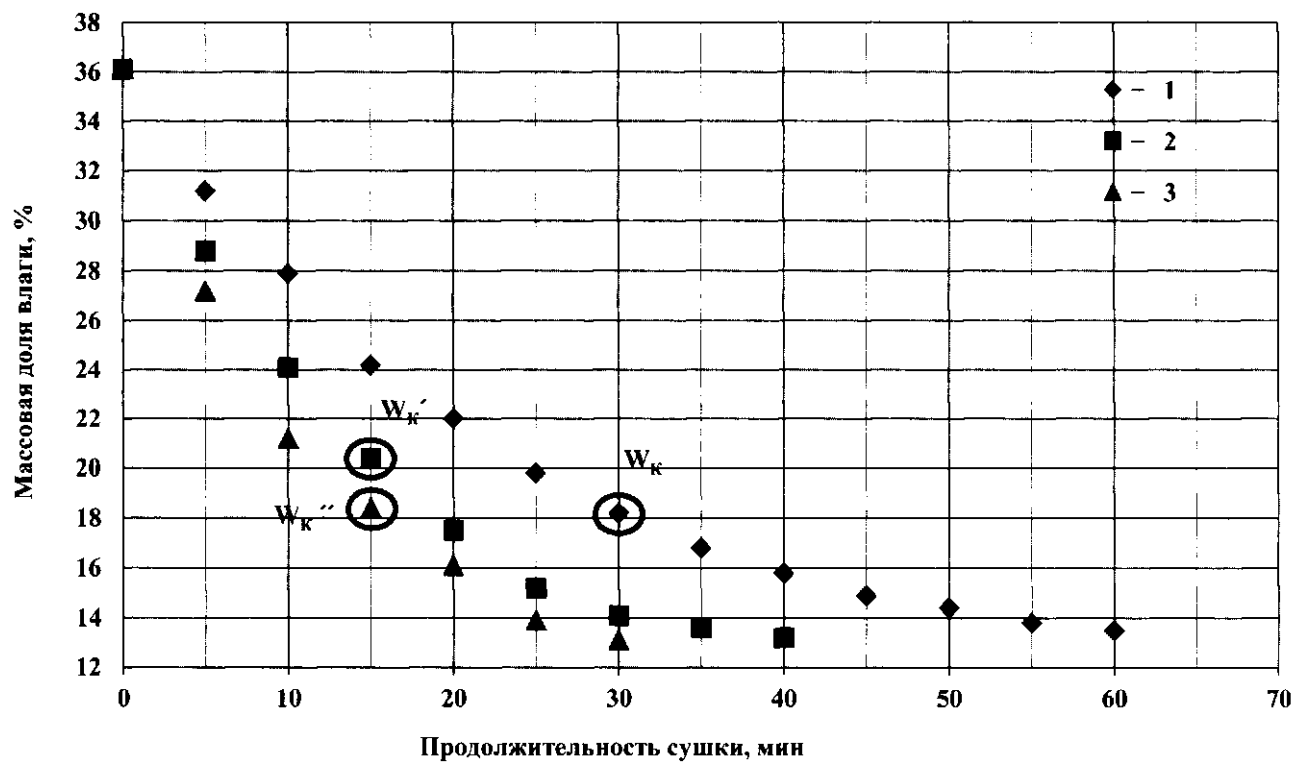


а)

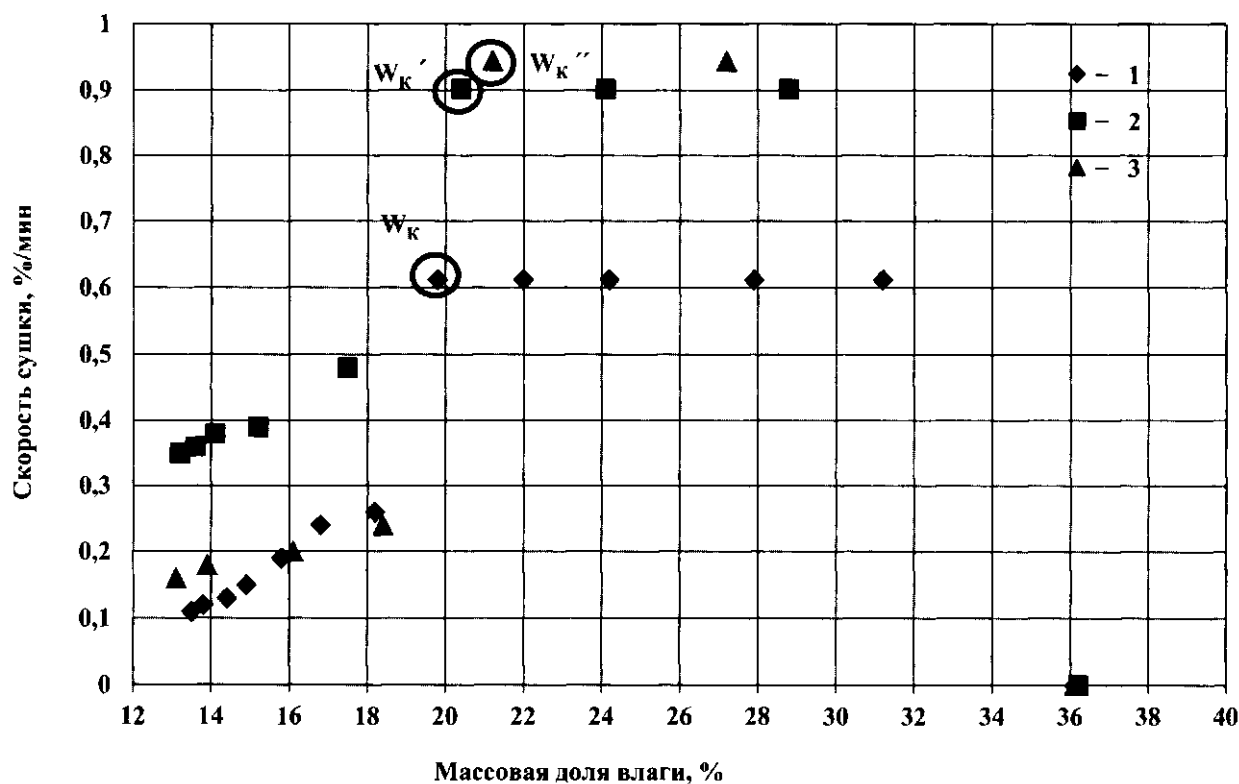


б)

1 – КХН; 2 – КЭК; 3 – КГН;
 ○ – обозначение критической влажности макаронных изделий;
 Рисунок 2 – Кривые сушки (а) и скорости сушки (б) макаронных изделий из картофельного крахмала с добавлением различных модифицированных крахмалов при температуре сушильного воздуха 50 °С



а)



1 – КХН; 2 – КЭК; 3 – КГН;

○ – обозначение критической влажности макаронных изделий;

б)

Рисунок 3 – Кривые сушки (а) и скорости сушки (б) макаронных изделий из картофельного крахмала с добавлением различных модифицированных крахмалов при температуре сушильного воздуха 60 °С

Анализ данных, представленных на рисунках 1–3, показывает, что вид кривых сушки и скорости сушки макаронных изделий из картофельного крахмала имеет характер, подобный аналогичным кривым для традиционных макаронных изделий, изготовленных из пшеничной муки [2].

Кривые сушки макаронных изделий имеют два периода: постоянной и падающей скорости (соответственно I и II период). Первый период на кривых сушки для всех образцов макаронных изделий описывается линейной зависимостью и имеет вид линии с постоянным углом наклона к оси времени. Анализ кривых скорости сушки показал, что в этом периоде удаление влаги протекает с постоянной скоростью, что на кривой скорости сушки выражается в виде горизонтального участка. При этом наибольшая скорость сушки в исследуемом температурном диапазоне характерна для макаронных изделий, в рецептуре которых содержится крахмал горячего набухания, наименьшая – для изделий, содержащих крахмал холодного набухания. Например, при температуре сушильного воздуха 40 °С скорость сушки изделий, изготовленных с добавлением КГН, составляет 0,61 %/мин, КЭК и КХН, соответственно 0,49 и 0,27 %/мин. Повышение температуры сушильного агента приводит к увеличению скорости сушки всех образцов макаронных изделий из крахмала.

Согласно имеющимся в литературе данным, в I-ом периоде сушки традиционных макаронных изделий происходит удаление осмотически связанной влаги, которая находится внутри мицелл, образованных в тесте белком и крахмалом пшеничной муки [2, 3]. Вид кривой сушки макаронных изделий из крахмала позволяет заключить, что, вероятно, и в исследуемых образцах также происходит удаление осмотически связанной влаги, наличие которой обусловлено взаимодействием нативного картофельного и модифицированных крахмалов с водой. Следует отметить, что наибольшая продолжительность I-го периода сушки наблюдается для макаронных изделий, изготовленных с использованием крахмала холодного набухания, в случае изделий, содержащих кукурузный экструзионный крахмал длительность этого периода несколько меньше, и минимальная продолжительность характерна для изделий, в рецептуру которых входит крахмал горячего набухания.

Окончание I-го периода характеризуется достижением критической влажности W_K , которая для традиционных макаронных изделий, высушенных конвективным способом с использованием низкотемпературных режимов, соответствует влажности продукта $(20 \pm 2) \%$ [2]. Анализ рисунков 1–3 показывает, что величина W_K для макаронных изделий из крахмала близка к значениям критической влажности традиционных изделий и в зависимости от температуры сушильного воздуха и вида используемого модифицированного крахмала также колеблется в пределах от 18 до 20%. Кроме того, при повышении температуры сушки с 40 до 60 °С значения критической влажности высушиваемых изделий несколько повышаются: для образцов с добавлением кукурузного экструзионного крахмала с 19,3 % до 20,4 %, с использованием КХН с 19,2 до 19,9 %. Наибольшее абсолютное значение W_K характерно для макаронных изделий, содержащих крахмал горячего набухания, и при повышении температуры сушки увеличивается с 20,4 % до 21,2 %.

Кривая сушки макаронных изделий во II-ом периоде имеет вид кривой с постоянно уменьшающимся углом наклона, при этом кривая скорости сушки также имеет сложный характер, что обусловлено различными факторами (структурой, влажностью, теплопроводностью продукта, свойствами удаляемой влаги и др.), оказывающими влияние на характер перемещения и удаления влаги из изделий. В этом периоде при сушке традиционных макаронных изделий происходит удаление адсорбционно связанной влаги, которая удерживается на внутренней поверхности мицелл теста [2, 3]. Данные, представленные на рисунках 1–3, показывают, что при сушке макаронных изделий из картофельного крахмала кривые сушки и скорости сушки во втором периоде имеют вид аналогичный для традиционных изделий. Кроме того, анализ полученных результатов, показывает, что продолжительность второго периода сушки макаронных изделий из крахмала, также как и для первого периода, зависит от вида модифицированного крахмала, а также температуры сушильного воздуха. Окончание II-го периода характеризуется достижением равновесной влажности, которая для макарон-

ных изделий из картофельного крахмала, равно как и для традиционных макаронных изделий составляет 13 % – 14 %.

В целом следует отметить, что длительность I-го и II-го периодов, равно как и общая продолжительность сушки макаронных изделий из крахмала в значительной степени определяются видом модифицированного крахмала. Так, наибольшая длительность сушки характерна для макаронных изделий, содержащих крахмал холодного набухания, наименьшая – для изделий, в состав которых входит крахмал горячего набухания. Кроме того, при увеличении температуры сушильного воздуха с 40 до 60 °С продолжительность сушки в наибольшей степени изменяется для изделий, содержащих КХН, – со 115 до 60 мин, в случае изделий с использованием КЭК с 55 до 40 мин, а для изделий с добавлением КГН – с 45 до 30 мин.

Полученные результаты объясняются, вероятно, различиями в технологических свойствах модифицированных крахмалов, в частности, способности связывать воду и температурными условиями процесса студнеобразования, проявляющихся на основных стадиях производства макаронных изделий. Так, крахмал холодного набухания и кукурузный экструзионный крахмал характеризуются достаточно высокой способностью связывать воду и образовывать студни при температуре (25 ± 5) °С, примерно соответствующей температурным условиям замеса макаронного теста. В этих образцах вода при замесе теста, вероятно, связывается преимущественно модифицированными крахмалами и вследствие процесса студнеобразования прочно удерживается на последующих технологических стадиях производства макаронных изделий, что в свою очередь обуславливает низкую скорость и высокую продолжительность процесса их сушки.

Для крахмала горячего набухания процесс студнеобразования протекает при температуре около 60 °С, приблизительно соответствующей температуре на стадии прессования изделий. При замесе теста с этим модифицированным крахмалом большая часть воды поглощается и связывается зернами нативного картофельного крахмала, вследствие большего его содержания. Кроме того, из-за высокой температуры процесс студнеобразования КГН при изготовлении макаронных изделий протекает в незначительной степени, однако на стадии прессования макаронного теста, вероятно, происходит процесс желатинизации нативного крахмала и КГН, в результате чего формируется структура изделий. Вследствие того, что процесс студнеобразования протекает в недостаточной степени, влага в этих изделиях является механически связанной, поэтому удерживается не прочно и легко удаляется при высушивании, что приводит к снижению продолжительности и повышению скорости процесса сушки макаронных изделий [4, 5].

Режим процесса сушки традиционных макаронных изделий оказывает влияние на качество готового продукта, в частности, на органолептические показатели качества и механическую прочность сухих изделий. В связи с этим была поставлена задача изучить влияние температуры сушильного агента на показатели качества макаронных изделий из картофельного крахмала, изготовленных с использованием указанных выше модифицированных крахмалов.

Выявлено, что для всех образцов сухих макаронных изделий из крахмала температура сушильного воздуха в исследуемом диапазоне не оказывает влияния на их органолептические показатели качества. Все образцы изделий форму сохранили – не деформировались и не растрескались, характеризовались белым, а в случае использования КЭК белым с кремовым оттенком, цветом, гладкой поверхностью и стекловидным изломом, вкусом и запахом, свойственным макаронным изделиям из крахмала.

Механическая прочность (далее прочность) сухих макаронных изделий, определяемая путем измерения ломающей нагрузки, является важной потребительской характеристикой, определяющей сохранность изделий при транспортировании и хранении, а также в значительной степени определяющей их варочные свойства [2, 6].

Результаты исследования влияния температуры сушильного воздуха на прочность сухих макаронных изделий из картофельного крахмала, изготовленных с использованием различных модифицированных крахмалов, представлены на рисунке 4.

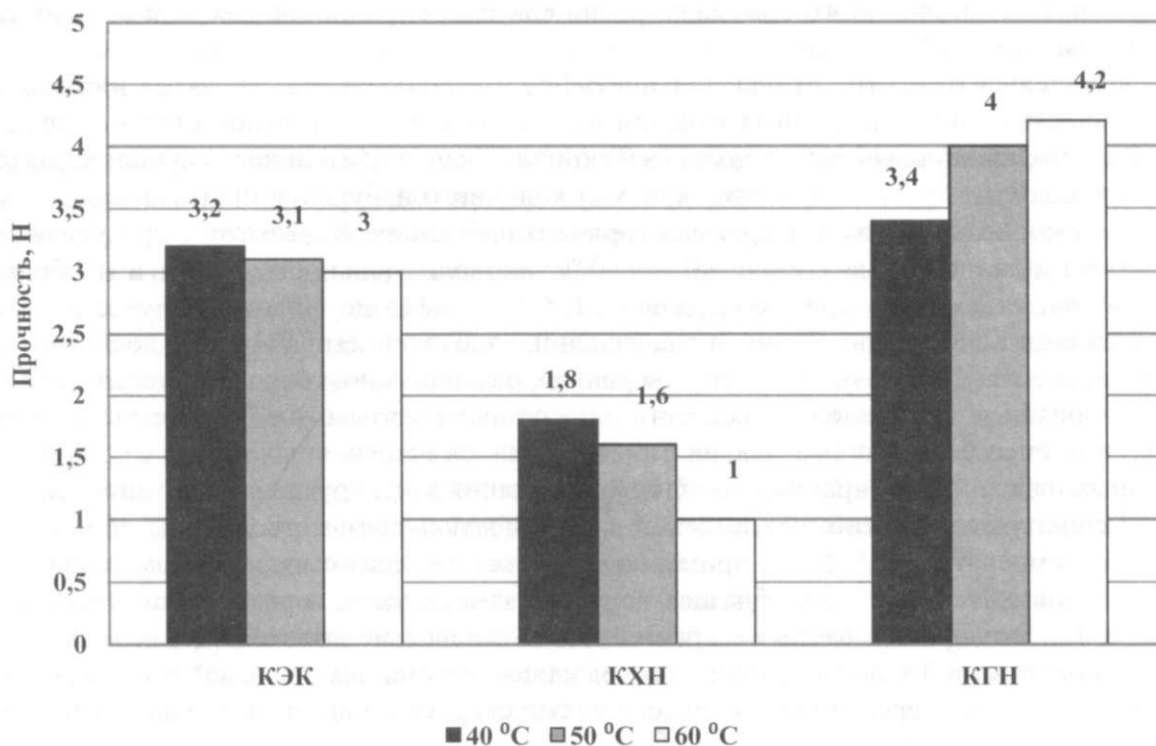


Рисунок 4 – Прочность сухих макаронных изделий из картофельного крахмала, высушенных при различных температурах сушильного воздуха

Анализ полученных результатов показывает, что наибольшее значение прочности характерно для макаронных изделий, содержащих в своем составе крахмал горячего набухания. При этом увеличение температуры сушки этих изделий приводит к некоторому повышению их прочности. Макароны, содержащие КЭК и КХН, характеризуются несколько меньшей прочностью. Кроме того, повышение температуры сушильного воздуха при сушке изделий, изготовленных с использованием крахмала холодного набухания, приводит к некоторому снижению исследуемого показателя, а в случае изделий с добавлением кукурузного экструзионного крахмала – практически не влияет на прочность готовых изделий.

Различия в прочности сухих макаронных изделий из крахмала объясняются, вероятно, различиями в механизме образования структуры изделий, а также структурно-механическими свойствами студней модифицированных крахмалов. Выше было указано, что при использовании КЭК и КХН образование структуры макаронных изделий обусловлено процессом студнеобразования этих модифицированных крахмалов, в случае применения КГН структура изделий образуется преимущественно в результате процесса желатинизации крахмалов. Известно, что студни, образующиеся в результате механо-термической деструкции при прессовании макаронных изделий из крахмала, имеют более высокую прочность, чем студни, образующиеся традиционным способом при взаимодействии модифицированного крахмала с водой на стадии замеса макаронного теста [2]. Исследованиями, проведенными ранее, было установлено, что студни крахмала горячего набухания характеризуются большей прочностью в сравнении со студнями кукурузного экструзионного крахмала и особенно крахмала холодного набухания [4, 5].

Разница в прочности макаронных изделий также объясняется тем, что в изделиях, изготовленных с использованием КЭК и КХН, при сушке происходит удаление осмотически связанной влаги, на ее месте образуются пустоты, иначе говоря, микротрещины, которые в дальнейшем являются концентраторами напряжений. В изделиях, содержащих крахмал горячего набухания, влага удерживается достаточно прочно, поэтому она заполняет все пустоты и выполняет роль «заживляющего» элемента, предотвращая образование концентраторов напряжений.

Исследование влияния температуры сушки на варочные свойства макаронных изделий из крахмала показало, что, независимо от температуры сушильного воздуха, изделия представляют собой продукт со студнеобразной, мягкой при разжевывании текстурой, вкусом и запахом, характерными для изделий из крахмала. Следует отметить, что, независимо от вида модифицированного крахмала и прочности сухих изделий, продолжительность варки всех образцов составила 2 минуты. Влияние температуры сушильного воздуха на количество сухого вещества, перешедшего в варочную воду, при кулинарной обработке макаронных изделий из картофельного крахмала, изготовленных с добавлением различных модифицированных крахмалов, представлено на рисунке 5.

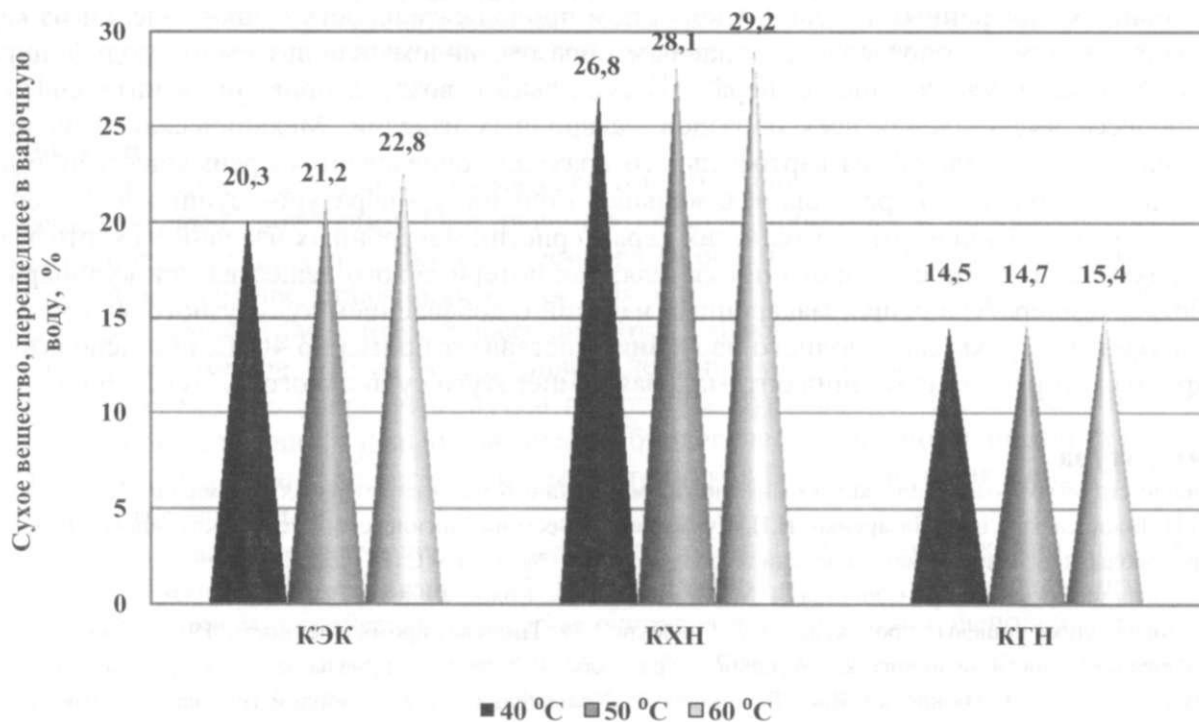


Рисунок 5 – Количество сухого вещества, перешедшего в варочную воду при кулинарной обработке макаронных изделий из картофельного крахмала, высушенных при различных температурах сушильного воздуха

Совместный анализ данных рисунков 4 и 5 показал, что макаронные изделия, обладающие сравнительно высокой прочностью, характеризуются лучшими варочными свойствами, в частности меньшими потерями сухого вещества в результате кулинарной обработки. Так, наибольшее количество сухого вещества, перешедшее в варочную воду, отмечается для изделий, содержащих в своей рецептуре кукурузный экструзионный крахмал и особенно крахмал холодного набухания. При этом повышение температуры сушильного воздуха при сушке этих образцов приводит к некоторому увеличению исследуемого показателя – с 20,3 до 22,8 % и с 26,8 до 29,2 % для изделий соответственно с КЭК и КХН. Для макаронных изделий, изготовленных с использованием КГН, величина исследуемого показателя почти в два раза меньше и колеблется в пределах от 14,5 до 15,4 %. Следует отметить, что для этих образцов температура сушильного воздуха практически не оказывает влияния на потери сухого вещества при их кулинарной обработке.

Полученные результаты объясняются, главным образом, технологическими свойствами модифицированных крахмалов, а именно их растворимостью и прочностью студней, а также механизмом образования структуры макаронных изделий. Так, наименьшим значением растворимости характеризуется КГН, при этом, как указывалось выше, студень этого крахмала имеет большую прочность в сравнении со студнями КХН и КЭК. Кроме того, вследствие большей прочности крахмальных студней, образованные в результате механо-термической деструкции в

сравнении со студнями образованными в результате взаимодействия крахмала с водой, макаронные изделия характеризуются более высокими варочными свойствами [2]. Некоторое увеличение потерь сухого вещества при варке макаронных изделий, изготовленных с использованием крахмала холодного набухания и кукурузного экструзионного крахмала и высушенных при более высоких температурах, обусловлено, вероятно, в том числе снижением прочности сухих изделий.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что характер и динамика процесса высушивания макаронных изделий из картофельного крахмала аналогичны процессу сушки традиционных макаронных изделий. Скорость и продолжительность сушки изделий из картофельного крахмала определяется, главным образом, видом используемого модифицированного крахмала, увеличение температуры сушильного воздуха приводит к интенсификации процесса высушивания всех образцов макаронных изделий. Механическая прочность сухих макаронных изделий из картофельного крахмала определяется преимущественно видом модифицированного крахмала и, в меньшей степени, температурой сушильного агента. Показано, что с позиции потребительских характеристик макаронных изделий из картофельного крахмала, в частности такого показателя, как потери сухого вещества при кулинарной обработке, температура сушки макаронных изделий с добавлением кукурузного экструзионного крахмала и крахмала холодного набухания составляет примерно 40 °С, при использовании крахмала горячего набухания оптимальная температура сушильного воздуха – 60 °С.

Литература

- 1 Изучение структурно-механических характеристик макаронного теста из нативных крахмалов / Е.Ф. Тихонович, М.Н. Василевская, Е.А. Назаренко, Н.Н. Курилович // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. Научно-методический журнал. – 2012. – №2 (13). – С. 27–35.
- 2 Технология макаронного производства / Г.М. Медведев – М.: Колос, 1998. – 272 с.
- 3 Технология сушки пищевых продуктов / А.С. Гинзбург – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 248 с.
- 4 Исследование свойств нативного картофельного крахмала как сырья для производства макаронных изделий / М.Н. Василевская, Е.А. Назаренко, Е.Ф. Тихонович // «Хранительна наука, техника и технологии 2014»: научнотрудове Научна конференция с международно участие, 24–25 октомври 2014, Пловдив / Университет по хранителни технологии – Пловдив; редкол.: Пантелей Денев [и др.]. – Пловдив: Университет по хранителни технологии, 2014. – Т. 2. – С. 90–95.
- 5 Исследование студнеобразующей способности модифицированных крахмалов / Е.Ф. Тихонович, М.Н. Василевская // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов IX Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов, 24–25 апреля 2014 г., Могилев, / Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»; редкол.: А.В. Акулич [и др.]. – Могилев: МГУП, 2014. – Ч. 1. – с. 151.
- 6 Технология и технохимический контроль макаронного производства / Медведев Г.М., Крылова В.В. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 144 с.

Поступила в редакцию 07.04.2015