Химический состав муки (часть 3)

(2 марта 2020)

Химический состав муки

Химический состав муки зависит от состава зерна, из которого она изготовлена, и от ее сорта. Чем выше сорт муки, тем больше в ней содержится крахмала. В пониженных сортах муки увеличивается содержание углеводов, жира, золы, белков и питательных веществ.

Особенности состава муки определяют ее пищевую ценность и хлебопекарные свойства.

К органическим веществам пшеничной муки относятся **белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды, ферменты, витамины, пигменты** и некоторые другие вещества; к неорганическим – **минеральные вещества и вода**.

Азотистые и белковые вещества

Азотсодержащие вещества муки в основном состоят из белков. Небелковые азотистые вещества такие, как аминокислоты и амиды, содержатся в небольшом количестве (2-3% от общей массы азотистых соединений). Чем выше выход муки, там больше содержится в ней азотистых веществ и небелкового азота.

В муке содержатся белки: проламины (35.6%), глютелины (28.2%), глобулины (12.6%), альбумины (5.2%). Среднее содержание белковых веществ в пшеничной муке 13-16%, нерастворимого белка 8.7%.

Для белков характерны и важны такие физико-химические свойства, как растворимость, способность к набуханию, к денатурации и гидролизу. По растворимости белки различают на растворимые в воде – *альбумины*, растворимые в спирте – *проламины*, растворимые в слабых щелочах – *глютелины* и растворимые в солевых растворах – *глобулины*. Белки пшеничной и ржаной муки представлены в основном проламинами (*глиадин*) и глютелинами (*глютенин*). Содержание этих белков составляет 2/3 или ¾ от всем массы белков муки.*глютенин*) и глютелинами (*глиадин*Белки пшеничной и ржаной муки представлены в основном проламинами (.*глобулины* и растворимые в солевых растворах – *глютелины*, растворимые в слабых щелочах – *проламины*, растворимые в спирте – *альбумины*По растворимости белки различают на растворимые в воде – Для белков характерны и важны такие физико-химические свойства, как растворимость, способность к набуханию, к денатурации и гидролизу.

Роль белков муки в приготовлении хлебных изделий очень велика. Структура белковых молекул и их физико-химические свойства определяют свойства теста, влияют на форму и качество изделий. От соотношений дисульфидных и сульфигидрильных группировок в молекуле белка зависит его вторичная и третичная структуры, а также технологические свойства белков муки.

При замесе теста белки набухают, адсорбируя большую часть влаги. Большей способностью поглощать воду отличаются белки пшеничной и ржаной муки, они впитывают до 300% воды от своей массы. Оптимальная температура для набухания белков клейковины 30С.

Глиадин и глютенин в воде нерастворимы, и поэтому при отмывании клейковины являются основными ее компонентами. Эти белки находятся в эндосперме зерна и поэтому их больше содержится в муке высших сортов. Соотношение глиадина и глютенина в пешничной муке примерно одинаковое. Альбумин и глобулин содержатся в белке зародыша и алейронового слоя зерна, поэтому их больше содержится в муке низких сортов.

Ценным специфическим свойством глиадина и глютенина является их способность образовывать клейковину. Клейковина образуется при отмывании пшеничного теста в воде. Клейковина содержит 65-70% влаги и 30-35% сухих веществ. Сухие вещества клейковины на 80-85% состоят из белков и различных веществ муки (липидов, углеводов), с которыми глиадин и глютенин вступают в

реакцию. Белки клейковины связывают около половины всего количества липидов муки. В состав клейковинного белка входит 19 аминокислот. Клейковина разного качества имеет одинаковый аминокислотный состав, но разную структуру молекул. Качество клейковины характеризуется цветом, эластичностью (способностью клейковины восстанавливать свою форму после растягивания), растяжимостью (способностью растягиваться на определенную длину) и упругостью (способностью оказывать сопротивление при деформации).

Количество клейковины и ее свойства определяют хлебопекарное достоинство муки и качество хлеба. Для разной выпечки нужны определенные свойства клейковины.

Считается, что, чем больше дисульфидных связей возникает в молекуле белка, тем выше упругость и ниже растяжимость клейковины. В слабой клейковине дисульфидных и водородных связей меньше, чем в сильной клейковине.

Значительная часть белков муки в воде не растворяется, но хорошо в ней набухает. Белки хорошо набухают при температуре 30С, поглощая при этом воды в 2-3 раза больше из собственной массы.

Необратимая денатурация (изменение естественной структуры белка) происходит под действием некоторых реагентов или при нагревании свыше 60С. Денатурированный белок теряет способность к растворимости и набуханию. Значительная денатурация портит хлебопекарные свойства белков (клейковина становится неэластичной и рвется на короткие фрагменты). Во время выпечки хлеба белки денатурируют полностью, свернувшийся белок образует при этом прочный каркас, закрепляющий форму изделия.

Углеводы

В составе муки преобладают углеводы: моносахариды (глюкоза, фруктоза, арабиноза, галактоза), дисахариды (сахароза, раффиноза и мальтоза) и полисахариды (крахмал, клетчатка, гемицеллюлозы, целлюлоза и пентозаны).

Крахмал – важнейший углевод муки, является сложным карбогидратом. Содержится в виде зерен, размер и форма которых отличаются в разных видах муки и сортов. Размер и целостность крахмальных зерен влияет на консистенцию теста, его влагоемкость и содержание в нем сахара. Мелкие и поврежденные зерна крахмала быстрее разрушаются ферментами в процессе приготовления хлеба, чем крупные и плотные зерна. В крахмальных зернах содержится также небольшое количество кислот (фосфорной, кремниевой и жирных кислот).

Крахмал очень хорошо адсорбирует жидкость, он может связать большое количество воды даже при 30, т.е при температуре теста.

Крахмальное зерно состоит из двух полисахаридов: амилозы, которая образует внутреннюю часть крахмального зерна, и амилопектина, составляющего его наружную часть. Количественные соотношения амилозы и амилопектина в крахмале различных злаков составляет 1:3 или 1:3.5.

Молекула амилозы состоит из 300-800 глюкозных остатков, образующие прямые цепи. Молекулы амилопектина имеют разветвленное строение и содержат до 6000 глюкозных остатков. При нагревании крахмала с водой амилоза переходит в коллоидный раствор, а амилопектиновый набухает, образуя клейстер. Полная клейстеризация крахмала муки, при которой его зерна теряют форму, осуществляется при соотношении крахмала и воды 1:10.

При клейстеризации крахмальные зерна сильно увеличиваются в объеме, становятся рыхлыми и более податливыми действию ферментов. Температура, при которой вязкость крахмального студня наибольшая, называется температурой клейстеризации крахмала. Эта температура зависит от природы крахмала, от pH среды, от электролитов. Ржаной крахмал клейстеризуется при температуре 50-55С, пшеничный при 62-65С, кукурузный при 69-70С. Это влияет на качество теста и хлебобулочных изделий.

Присутствие поваренной соли значительно повышает температуру клейстеризации крахмала.

От состояния крахмальных зерен зависит влагопоглотительная способность теста, процессы его брожения, структура мякиша, вкус, аромат, пористость и скорость черствения изделия. При брожении и расстойки теста часть крахмалов

под действием 3-амилазы превращаются в мальтозу. Образование мальтозы необходима для нормального брожения теста и качества хлеба.

При выпекании изделия крахмал клейстеризуется, связывая до 80% влаги, находящейся в тесте, что обеспечивает образование сухого эластичного мякиша хлеба. Во время хранения выпечки крахмальный клейстер подвергается старению, что является основной причиной черствения выпечки.

Клетчатка (целлюлоза) находится в периферийных частях зерна и потому в большом количестве содержится в муке высоких выходов. В обойной муке содержится около 2.3% клетчатки, а в муке пшеничной высшего сорта – 0.1-0.15%. Клетчатка не усваивается организмом человека и снижает пищевую ценность муки, но увиливает перистальтику кишечника, нормализует липидный и углеводный обмен в организме. Клетчатка хорошо впитывает влагу и повышает водопоглотительную способность муки, особенно обойной.

Гемицеллюлозы – это полисахариды, относящиеся к пентозанам и гексозанам. По физико-химическим свойствам они занимают промежуточное положение между крахмалом и клетчаткой. Организмом гемицеллюлозы не усваиваются.

Пшеничная мука в зависимости от сорта имеет разное количество пентозанов: в муке высшего сорта содержится 2.6% всего количества пентозанов зерна, а в муке II сорта – 25.5%. Пентозаны делятся на растворимые и нерастворимые. Нерастворимые пентозаны хорошо набухают в воде, поглощая воду в 10-15 раз больше, чем масса самих пентозанов.

Растворимые пентозаны или углеводные слизи дают очень вязкие растворы, которые под действием окислителей превращаются в плотные гели. Пшеничная мука содержит 0.8-2% слизей, ржаная – почти в 2 раза больше.

Липиды

Липидами называются жиры и жироподобные вещества (липоиды). Все липиды нерастворимы в воде и растворимы в органических растворителях. Общее содержание липидов в целом зерне пшеницы около 2.7%, а в пшеничной муке – 1.6-2%. В муке липиды находятся как в свободном состоянии, так и в виде комплексов с белками (липопродеиды) и углеводами (гликолипиды). Связанные белками клейковины липиды значительно влияют на ее физические свойства.

Жиры – сложные эфиры глицерина и высокомолекулярных жирных кислот. В пшеничной и ржаной муке различных сортов содержится 1-2% жира. Жир, который находится в муке, имеет жидкую консистенцию. Он содержит в основном ненасыщенные жирные кислоты: олеиновую, линолевую и линоленовую. Гидролиз жира во время хранения муки и дальнейшие превращения свободных жирных кислот существенно влияют на кислотность, вкус муки и на свойства клейковины. При хранении муки жир легко разлагается, что может вызвать прогоркание и порчу муки.

К липоидам муки относятся фосфатиды – сложные эфиры глицерина и жирных кислот, содержащие фосфорную кислоту, соединенную с каким-либо азотистым основанием. В муке содержится 0.4-0.7% фосфатидов, они относятся к группе лецитинов, в которых азотистым основанием является холин. Лецитины и другие фосфатиды характеризуются высокой пищевой ценностью и имеют большое биологическое значение. Они легко образуют соединения с белкам (липопротеидные комплексы), играющие важную роль в жизни каждой клетки. Лецитины являются гидрофильными коллоидами, они хорошо набухают в воде. Так как лецитины являются поверхностно-активными веществами, они служат хорошими эмульгаторами и улучшителями хлеба.

К растворимым в жирах пигментам относятся каратиноиды и хлорофилл. Цвет каратиноидных пигментов муки желтый или оранжевый, а хлорофилла – зеленый. Каратиноиды способны в животном организме превращаться в витамин А. Наиболее известные каратиноиды представляют собой ненасыщенные улеводороды. При окислении или восстановлении каратиноидные пигменты переходят бесцветные вещества. На этом свойстве основам процесс отбеливания пшеничной сортовой муки. Во многих странах отбеливание муки запрещено, так

как она снижает ее витаминную ценностью. Жирорастворимым витамином муки является витамин Е, остальные витамины этой группы в муке отсутствуют.

Минеральные вещества

Мука состоит в основном из органических веществ и небольшого количества минеральных (зольных) веществ. Минеральные вещества зерна сосредоточены в основном в алейроновом слое, оболочках и зародыше. Особенно много минеральных веществ в алейроновом слое. Содержание минеральных веществ в эндосперме невелико (0.3-0.5%) и повышается от центра к периферии, поэтому зольность служит показателем сорта муки. Большая часть минеральных веществ муки состоит из соединений фосфора (50%), а также калия (30%), магния и кальция (15%). В небольших количествах содержатся микроэлементы (медь, марганец и цинк). Содержание железа в золе разных сортов муки 0.18-0.26%. Чем выше сорт муки, тем меньше в ней находится минеральных веществ.

Ферменты

В зернах хлебных злаков содержатся разнообразные ферменты, находящиеся главным образом в зародыше и периферийных частях зерна. В муке высоких сортов ферментов содержится меньше, чем в низких сортах муки.

Ферменты – вещества белковой природы, способные ускорять различные реакции. Действие ферментов специфично. Каждый фермент катализирует только определенную реакцию для одного вещества, а чаще для группы веществ сходного строения.

Все ферменты чувствительны к температуре и кислотности среды. Для каждого фермента есть оптимальные условия, при которых он наиболее активен. Нагревание до 70-80С разрушает почти все ферменты, они свертываются и теряют каталитические свойства. На активность многих ферментов влияет присутствие

определенных химических веществ. Некоторые из них активируют ферменты (активаторы), другие – снижают их активность (ингибиторы).

Ферментная активность муки зависит от условий произрастания, хранения, режимов сушки и кондиционирования зерна перед помолом. Повышенная активность ферментов отмечена у муки, полученной из несозревшего, проросшего, морозобойного зерна. Высушивание зерна при жестком режиме снижает активность ферментов, при хранении муки (или зерна) она также уменьшается.

Ферменты активны только при достаточной влажности среды, поэтому при хранении муки влажностью 14.5 и ниже действие ферментов проявляется очень слабо. После замес в полуфабрикатах начинаются ферментативные реакции, в которых участвуют гидролитические и окислительно-восстановительные ферменты муки. Гидролитические ферменты – гидролазы – разлагают сложные вещества на более простые водорастворимые продукты гидролиза. Активность, с которой происходит разложение сложных нерастворимых веществ муки на более простые водорастворимые вещества под действием ее собственных ферментов, называется автолитической активностью. Автолиз – это саморазложение.

Желательно, чтобы автолитический процесс разложения белков и крахмала теста происходил с определенной, умеренной скоростью. Для того, чтобы регулировать автлитические процессы в производстве хлеба, необходимо знать свойства важнейших ферментов муки, которые действуют на белки, крахмал и другие компоненты муки. К основным гидролитическим ферментам муки относятся *протеолитические и амилолитические ферменты*.

Протеолитические ферменты (протеиназы) действуют на белки и продукты их гидролиза. Протеиназы типа папаин содержатся в зерне и муке разных злаков, их активность невысокая. Считается, что зерновые протеиназы не разрушают полностью белковую молекулу, но изменяют ее сложную структуру, от этого меняются свойства белков и самого теста. Значительно активны протеиназы зерна проресшего, несозревшего и зерна, пораженного клопом-черепашкой. Слюна этого вредителя содержит сильные протеолитические ферменты, проникающие при укусе в зерно. Повышенная активность протеиназ ухудшает качество клейковины, лишает ее эластичности, упругости и способности к набуханию. Умеренное воздействие протеиназ на белки необходима для «созревания» теста. Клейковина

становится более пластичной, что улучшает структуру пористости и повышает объем хлеба.

Зерновые протеиназы активны при pH 4-5.5 и температуре 35-37С. Активность протеиназ сильно снижается окислителями, например, йодата калия, который применятеся для улучшения качества хлеба при переработке слабой муки, а также при добавлении поваренной соли.

Активность протеиназ значительно увеличивается в присутствии восстановителей, например, глютатиона, который содержится в дрожжах и способен улучшить качество хлеба при переработке муки с чрезмерно сильной клейковиной.

Липаза всегда содержится в муке, она катализирует расщепление жиров на глицерин и жирные кислоты. Липаза имеет большое значение при хранении муки, так как с увеличением кислотности муки при хранении связано с действием этого фермента. Оптимум действия зерновой липазы находится при pH 8.0. Свободные жирные кислоты – основные килореагирующие вещества муки. Они могут подвергаться дальнейшим превращениям, влияющим на качество муки - теста – хлеба.

Липоксигеназа относится к окислительно к окислительно-восстановительным ферментам муки. Она катализирует окисление кислородом воздуха некоторых ненасыщенных жирных кислот, превращая их в гидроперикиси. Наиболее интенсивно липоксигеназа окисляет линолевую, арахидоновую и линоленовую кислоты, которые входят в состав жира зерна (муки). Оптимальными параметрами для активности липоксигеназы является температура 30-40С и pH 5-5.5.

Гидроперекиси, которые образуются из жирных кислот под действием липоксигеназы, сами являются сильными окислителями, и оказывают соответствующее влияние на свойства клейковины.

О-дифенолоксидаза окисляет аминокислоту тирозин в хиноны, которые конденсируясь, превращаются в меланины. Цвет меланинов зависит от их молекулярной массы. Чем крупнее молекула, тем темнее окраска. По мере увеличений молекулярной массы цвет меняется от розового до черного. Меланины вызывают потемнение теста и мякиша хлеба при переработке некоторых партий

муки. Тирозин образуется при гидролизе белковых веществ, поэтому мука проросшего зерна или пораженного клопом-черепашкой, где протеолиз идет интенсивно, имеет высокую способность к потемнению. Оптимум О-дифенолоксидазы находится при pH 7-7.5 и температуре 40-50С. При pH <5.5 О-дифенолоксидаза неактивна, поэтому при переработке муки, имеющей способность к потемнению, рекомендуется повышать кислотность теста в необходимых пределах.

Амилолитические ферменты – альфа- и бета-амилазы – действуют на крахмал. Альфа- и бета-амилазы находятся в муке в связанном с белками состоянии и после протеолиза расщепляются. Альфа-амилаза превращает крахмал в декстрины, образуя небольшое количество мальтозы. Бета-амилаза действует на крахмал или декстрины, образуя значительное количество мальтозы. При совместном действии двух типов амилаз крахмал гидролизуется почти полностью, так как декстрины распадаются довольно легко. Особенно легко распадается до сахаров клейстеризованный крахмал, так как рыхлые набухшие крахмальные зерна быстро поддаются действию ферментов.

Бета-амилаза содержится в муке всех видов и сортов, а альфа-амилаза в муке из несозревшего или проросшего зерна. В ржаной муке нормального качества всегда содержится альфа-амилаза, что значительно влияет на ее хлебопекарные свойства.

Альфа-амилаза более чувствительна к кислотности среды и менее чувствительна к температуре по сравнению с бета-амилазой. Температура инактивации этих ферментов в зависимости от кислотности среды соответственно равна 70-95 и 60-84С. Оптимальная температура осахаривания пшеничного крахмала под совместным действием альфа- и бета-амилаз 63-65С. В кислой среде амилазы инактивируются при более низкой температуре. Активность альфа-амилазы снижается в присутствии 2% хлористого натрия или 2% хлористого кальция, т.е в кислой среде.

Технологическое значение обеих амилаз различно.

Во время брожения теста бета-амилаза осахаривает некоторую часть крахмала с образованием мальтозы. Мальтоза необходима для получения рыхлого теста и нормального качества изделий из муки пшеничной сортовой (если сахара нет в рецепте). Осахаривающее влияние бета-амилазы на крахмал значительно возрастает при клейстеризации крахмала, а также в присутствии альфа-амилазы. Декстрины, образуемые альфа-амилазой, осахариваются бета-амилазой значительно легче, чем крахмал.

Повышенная активность альфа-амилазы может привести к излишнему образованию декстринов в мякише хлеба. Низкомолекулярные декстрины плохо связывают влагу мякиша, поэтому он становится липким и заминающимся.

Липаза расщепляет жиры муки на глицерин и свободные жирные кислоты. В зерне пшеницы активность липазы низкая. Чем больше выход муки, тем выше активность липазы. Липаза действует при pH 8.0. Образующиеся свободные жирные кислоты окисляются, и это может влиять на качество муки и теста.

Липоксигеназа участвует в окислении жирных кислот с образованием гидроперекисей. Наиболее активно липоксигеназа окисляет линолевую, арахидоновую и линоленовую кислоты, которые входят в состав муки. Фермент активен при 30-40С и pH 5-5.5. Липоперекиси могут влиять на качество клейковины.

Тирозиназа (полифенолоксидаза) окисляет аминокислоту тирозин в меланины (темноокрашенные вещества), которые вызывают потемнение мякиша хлеба. Тирозин образуется при гидролизе белковых веществ, поэтому мука из проросшего зерна или пораженного клопом-черепашкой, где протеолиз идет интенсивно, имеет высокую способность к потемнению (примерно в 2 раза выше, чем у нормальной муки. Полифенолоксидаза активна при 40-50С и pH 7-7.5. При pH<5.5 полифенолоксидаза неактивна, поэтому при переработке муки рекомендуется повышать кислотность теста в необходимых пределах.

Свеже смолотая мука не так хороша для выпекания хлеба, так как глютен еще слабый и неэластичный, и цвет может быть желтоватым. Когда мука «состаривается» несколько месяцев, кислород в воздухе позволяет белкам созреть, они становятся сильнее и более эластичными, а также цвет муки немного отбеливается.

Для состаривания муки производители добавляют химические добавки, чтобы добиться этого результата за более короткие сроки. Броматы, особенно бромат калия, добавляются в муку для созревания белков глютена, но не отбеливают муку в достаточной степени. Использование броматов уменьшается, так как они могут влиять на здоровье. Вместо них во многих странах используют аскорбиновую кислоту (витамин С).

Хлорин добавляют для созревания белков глютена и отбеливания муки.

Некоторые производители обогащают муку полезными веществами – витаминами и минералами, чтобы компенсировать их потерю при очистки оболочек зерна.

В хлебопекарную муку могут добавлять улучшители для усиления глютена, помощи ферментации дрожжами и уменьшению черствления изделий.

Elena Tsoy (Tsoy)

Готовлю торты, пирожные, зефир и панеттоне на заказ

ТЕЛЕФОН +7 911-213-67-68

ТЕЛЕГРАМ-КАНАЛ @ТелеЦойка ·

https://t.me/tsoikaeast