**4.5. Брожение и созревание теста**

В процессе брожения тесто и другие полуфабрикаты не только разрыхляются, но и со­зревают, то есть достигают оптимального состояния для дальнейшей переработки.

Созревшее тесто имеет определенные реологические свойства, достаточную газо­образующую и газоудерживающую способности.

В тесте накапливается определенное количество водорастворимых веществ (ами­нокислот, сахаров и др.), ароматических и вкусовых веществ (спиртов, кислот, альде­гидов).

Тесто становится разрыхленным, значительно увеличивается в объеме.

Созревание и разрыхление теста происходит не только при его брожении от замеса до разделки, но и во время разделки, расстойки и в первые минуты выпечки, так как по температурным условиям брожение на этих стадиях продолжается.

Созревание теста основано на микробиологических, коллоидных и биохимических процессах. Основные микробиологические процессы — это спиртовое и молочнокис­лое брожение.

**Спиртовое брожение.**Брожение, вызываемое дрожжами, — сложный процесс, про­текающий в несколько стадий с участием многочисленных ферментов. Суммарное уравнение спиртового брожения не дает представления о его сложности.

Брожение начинается уже при замесе теста. В первые 1... 1,5 ч дрожжи сбражива­ют собственные сахара муки, затем, если в тесто не добавлена сахароза, дрожжи на­чинают сбраживать мальтозу, образующуюся при гидролизе крахмала под действием а- и в-амилаз. Сбраживание мальтозы возможно лишь после ее гидролиза ферментом дрожжей — мальтазой, так как в муке мальтаза отсутствует.

Формула

По характеру производства дрожжи имеют низкую мальтазную активность, так как их выращивают в среде, лишенной мальтозы (мелассы). Перестройка фермент­ного аппарата дрожжевой клетки на образование мальтазы требует некоторого времени. Ввиду этого после сбраживания собственных сахаров муки интенсивность газообразования в тесте падает, а затем (когда начинает сбраживаться мальтоза) вновь возрастает. Таков характер газообразования в безопарном тесте, приготовленном без добавления сахара (рис. 4.2).

В опаре дрожжевые клетки адаптируются к мучной среде, мальтазная активность клеток повышается. Вслед­ствие этого в тесте, приготовленном на опаре, дрожжи сбраживают мальтозу более равномерно и интенсивно.

Если в тесто добавлена сахароза, то она уже через не­сколько минут после замеса под действием инвертазы дрожжей превращается в глюкозу и фруктозу. Инвертный сахар усваивается дрожжами более легко, чем мальтоза, поэтому в присутствии сахарозы мальтоза практически не сбраживается.

Интенсивность спиртового брожения зависит от коли­чества бродильной активности дрожжей, от рецептуры, температуры и влажности теста, от интенсивности замеса теста, от добавленных при замесе улучшителей и содержа­ния в среде веществ, необходимых для жизнедеятельности дрожжей. Газообразование в тесте ускоряется и быстрее до­стигает максимума при увеличении количества дрожжей или повышении их активности, при достаточном содержании сбраживаемых сахаров, аминокислот, фосфорнокислых солей. Повышенное содержание соли, сахара, жира тормозит процесс газообразования. Брожение ускоряется при добавлении амилолитических ферментных препаратов, мо­лочной сыворотки. Особенно влияет на процесс спиртового брожения температура те­ста. С повышением начальной температуры теста от 26 до 35°С интенсивность газообра­зования возрастает в два раза. На 20...30% ускоряет брожение интенсивный замес теста. В конце брожения значительно увеличивается объем полуфабрикатов (на 70... 100% от исходного) и снижается плотность. Температура полуфабрикатов повышается на 1...2°С, так как при этом процессе выделяется тепло. Масса сухих веществ теста уменьшается на 2...3% вследствие сбраживания сахара и удаления углекислого газа.

Молочнокислое брожение. Брожение в полуфабрикатах вызывается различными видами молочнокислых бактерий. По отношению к температуре молочнокислые бактерии делятся натермофильные (оптимальная температура 40.,.60°С) и мезофильные (нетермофильные), для которых оптимальной является температура 30...37°С. В полуфабрикатах хлебопекарного производства наиболее активны мезофильные бактерии.

По характеру сбраживания сахаров молочнокислые бактерии делятся па гомоферментативные и гетероферментативные. Различия в ферментных системах обусловли­вают способность гомоферментативных бактерий сбраживать сахар с образованием молочной кислоты, а гетероферментагивных — нескольких веществ.

Т а 6 л и ц а 4.3

Ориентировочные нормы конечной кислотности полуфабрикатов, градусы кислотности

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вид и сорт муки | Опара | Тесто | Закваска |
| Пшеничная |  |  |  |
| высший и первый сорт | 3...4.5 | 3...3.5 | - |
| второй сорт | 4...5 | 3,5.„4,5 | - |
| обойная | 7...8 | 6.„7 | 12...13 |
| Ржаная |  |  |  |
| обдирная | - | 9...10 | 14...16 |
| обойная | - | 10... 12 | 14...16 |

В продуктах гомоферментативного брожения содержится 95% молочной кислоты, а гетероферментативного — 60...70%. Молочнокислые бактерии сбраживают гексозы. дисахариды и некоторые виды бактерий — пентозы.

Молочнокислое брожение идет особенно интенсивно в тесте из ржаной муки. В пшеничное тесто молочнокислые бактерии попадают с мукой, дрожжами, молочной сывороткой и др. Ржаное тесто готовится па заквасках, в которых созданы специаль­ные условия для размножения молочнокислых бактерий. Отмечено, что молочнокис­лое брожение протекает более интенсивно в полуфабрикатах густой консистенции. В процессе брожения полуфабрикатов кислотность возрастает, а pH снижается. В кон­це брожения pH пшеничного теста 4,8...5,6, ржаного — 3,5...4,5.

Поскольку кислотность готовых изделий не должна превышать стандартную норму, то и кислотность полуфабрикатов в конце брожения также должна быть ограничена (табл. 4.3).

Кислотность — наиболее объективный показатель готовности полуфабрикатов в процессе брожения. Состав и количество кислот теста влияют на состояние белковых веществ, активность ферментов, жизнедеятельность бродильной микрофлоры, вкус и аромат хлеба. В пшеничном тесте доля молочной кислоты составляет около 70%, а летучих кислот — около 30% от общей массы кислот.

Летучими называются уксусная, муравьиная и пропионовая кислоты, так как они имеют низкую температуру кипения и легко испаряются. В летучих кислотах теста преобладает уксусная кислота. В ржаном тесте доля молочной кислоты составляет около 60%, а летучих — около 40%, так как в нем более активно идет гетероферментативное брожение. При брожении в небольшом количестве образуются и другие кис­лоты: масляная, валериановая, яблочная, винная. Летучие кислоты наряду с другими соединениями создают аромат хлеба и значительно влияют на его вкус. При низком содержании летучих кислот хлеб кажется несколько пресным, при повышенном — резко кислым.

На интенсивность молочнокислого брожения влияют температура и влажность по­луфабрикатов, дозировка закваски или других продуктов, содержащих молочнокис­лые бактерии, состав кислотообразующей микрофлоры, интенсивность замеса теста.

**Изменение белковых веществ.**Состояние белковых веществ значительно изменяется под действием кислот, ферментов, активаторов протеолиза, влаги, добавленных улучшителей хлеба и других факторов. Один из наиболее важных факторов — повышение кислотности, которая интенсифицирует как набухание, так и пептизацию белковых ве­ществ. Под действием кислот резко снижается количество отмываемой из теста клей­ковины, возрастает количество водорастворимого азота. Действие кислот на клейкови­ну в большей степени обратимо, особенно это относится к действию углекислого газа, обладающего кислотными функциями. Под действием углекислого газа клейковина пептизируется, но по мере его удаления восстанавливается с улучшенной структурой. Поэтому все операции (обминка теста, его формование и др.), связанные с механиче­ским удалением углекислого газа, благоприятно влияют на структуру клейковины, на объем и пористость хлеба. Созревание клейковины в основном происходит под дей­ствием углекислоты теста и заключается в формировании ее оптимальной структуры.

Белковые вещества подвергаются также протеолизу под действием протеолитиче­ских ферментов муки, микроорганизмов и глутатиона дрожжей.

Протеолиз действует на вторичную структуру белковых веществ, почти не затра­гивая первичную. В результате действия кислот, ферментов и других факторов в бро­дящем тесте снижается содержание нерастворимых белков и повышается количество водорастворимого азота (примерно до 30...35% от общей массы азотистых веществ). Продукты гидролиза белковых веществ (полипептиды, аминокислоты) необходимы для жизнедеятельности дрожжей и молочнокислых бактерий. Содержание образо­вавшихся аминокислот в процессе брожения теста падает вследствие потребления их бродильной микрофлорой. Большое значение продукты протеолиза имеют для обра­зования красящих и ароматических веществ на стадии выпечки хлеба.

В тесте образуется губчатый клейковинный каркас, пленки клейковины обволаки­вают крахмальные зерна и отрубистые частицы.

При брожении изменяются реологические свойства теста, снижается его упругость и вязкость, тесто становится более пластичным. Его газоудерживающая способность увеличивается.

**Изменение крахмала муки.**Общее содержание крахмала вследствие гидролиза (3-амилазой муки незначительно уменьшается.

Зерна крахмала адсорбционно связывают около 30% всего количества влаги теста.

**Влияние ингредиентов.**Влияние поваренной соли, сахара и жировых продуктов на процессы брожения и реологические свойства теста весьма значительно.

Поваренная соль добавляется в тесто в количе­стве 1...2.5% от массы муки.

Поваренная соль тормозит процессы спиртового и молочнокислого брожения, так как вызывает плаз- мол из дрожжевых клеток. При 4...5%-ном (от общей массы муки) содержании соли в тесте спиртовое брожение практически прекращается (рис. 4.3).

Соль оказывает большое влияние на реологиче­ские свойства клейковины, причем характер этого влияния зависит от исходного качества клейковины.

Соль задерживает процесс набухания и частич­ного растворения клейковины в полуфабрикатах из муки, удовлетворительной по силе. В полуфабрикатах из слабой муки поваренная соль тормозит дезагрегацию клейковины и улучшает ее реологические свойства.

Активность амилолитических и протеолитических ферментов под воздействием поваренной соли несколько снижается, а температура клейстеризации крахмала по­вышается.

Вязкость полуфабрикатов, приготовленных из муки удовлетворительного качества, соль снижает. Если полуфабрикаты приготовлены из слабой муки, то добавление соли увеличивает вязкость.

Тесто, приготовленное без соли, — слабое, липкое; тестовые заготовки во время расстойки расплываются. Брожение идет интенсивно, сбраживается почти весь сахар те­ста, поэтому хлеб имеет бледную корку.

Жиры в значительных количествах (10% и более) снижают бродильную активность дрожжей, обволакивая дрожжевые клетки, затрудняют в них доступ питательных ве­ществ.

Добавление в тесто жира до 3% от общей массы муки улучшает реологические свой­ства юста, увеличивает объем хлеба, повышает эластичность мякиша.

Во время брожения теста определенная доля жиров вступает в соединения с белка­ми клейковины и крахмалом муки. Такие комплексы улучшают реологические свой­ства теста, повышают его газоудерживающую способность.

Жиры, в состав которых входят полиненасыщенные жирные кислоты, укрепляют клейковину и благоприятно влияют на объем хлеба.

При дозировке сахара и жира более 10% к общей массе муки процесс брожения замедляется (рис. 4.4). Сахар, как и соль, вызывает плазмолиз дрожжевых клеток, од­нако действие сахара в этом направлении намного слабее. Сахар дегидратирует на­бухающие белки и поэтому разжижает тесто. Вязкость теста при добавлении сахара снижается.

Определение готовности полуфабрикатов при брожении. Тесто, поступающее на раз­делку, должно быть выброженным (созревшим). Недостаточно выброженное («моло­жавое») тесто содержит мало продуктов протеолиза, клейковинный каркас не имеет оптимальной структуры. Несозревшее тесто — липковатое, так как процессы набу­хания полимеров муки еще не закончены и его кислотность не достигает нормы. В те­сте остается много несброженных сахаров. Хлеб из такого теста имеет ряд дефектов: пониженную и грубую пористость, сыропеклый мякиш, пресный вкус и др.

Перебродившее тесто характеризуется повышенной кислотностью, малым содер­жанием несброженного сахара, ослаблением клейковинного каркаса. Хлеб из такого теста имеет бледную корку, кислый вкус, пустоты и разрывы в мякише.

Температуру и длительность брожения полуфабрикатов, а также степень их готов­ности систематически контролируют. В бро­жении должно находиться определенное ко­личество дежей с полуфабрикатами.

Формула

где N*д* — количество дежей с полуфабрикатами, шт.; *Тбр* — продолжительность броже­ния полуфабрикатов по рецептуре, мин; *r* — ритм замеса полуфабриката, мин.

Если полуфабрикаты бродят в секционных бункерах, то необходимо обеспечивать расходование выброженного полуфабриката в секции за определенное время (ритм), установленное лабораторией. Также следует проверять уровень выброженного полу­фабриката в бункере или другой емкости.

Органолептически готовность полуфабрикатов определяют по следующим при­знакам.

Выброженная опара должна иметь равномерно-сетчатую структуру, резкий спир­товой запах. При слабом нажатии пальцев на ее поверхность опара должна опадать. Хорошо выброженное тесто увеличивается в объеме в 1,5...2 раза, имеет выпуклую по­верхность и специфический аромат. Брожение теста (в отличие от опары) должно быть закончено до его опадаГния. Если слегка надавить на поверхность «моложавого» теста, то следы от пальцев выравниваются быстро, у выброженного теста — медленно, на по­верхности перебродившего теста остаются углубления.

Более объективно определяется готовность опары и теста по титруемой кислотно­сти.

В последнее время возникла техническая необходимость заменить определение ти­труемой кислотности полуфабрикатов на pH, так как именно активная кислотность влияет на процессы созревания. Кроме того, определение pH можно проводить в по­токе. Исследуется также возможность определения готовности полуфабрикатов по из­менению их вязкости, которая в процессе брожения снижается.

**Способы, ускоряющие созревание теста.**Для ускоренного созревания и брожения те­ста применяют (в различной комбинации) следующее: увеличивают дозировку дрож­жей, опары (закваски), интенсифицируют замес теста, повышают начальную темпера­туру у теста, добавляют улучшители.

Увеличение дозировки дрожжей или активация дрожжей, взятых по норме на замес опары или теста, интенсифицирует процесс созревания теста.

Повышение дозировки опары (закваски) на приготовление теста увеличивает число дрожжей и молочнокислых бактерий в тесте, содержание кислот, набухших белков и продуктов протеолиза, содержание ароматообразующих веществ.

Интенсивный замес теста ослабляет структуру белковых веществ и крахмала, ин­тенсифицирует процессы брожения и созревания теста.

Повышение начальной температуры теста до температуры 32...33°С значительно ускоряет процессы созревания, однако повышение температуры до 34...35°С отрица­тельно действует на дрожжи и ослабляет клейковину.

Добавление улучшителей (амилолитические ферментные препараты, неферментированный солод, сахар и др.) стимулирует сахаро- и газообразование в тесте.

**Способы, замедляющие созревание полуфабрикатов.**Иногда возникает необходи­мость замедлить созревание уже замешенных полуфабрикатов, например, при вне­запных перерывах в работе оборудования по техническим причинам. В этих случаях полуфабрикаты охлаждают или добавляют в них соль и пищевую соду. Охлаждение до температуры 24...26°С надежно задерживает микробиологические и автолитические процессы в полуфабрикатах. С этой целью в летнее время опары и закваски заливают холодной водой с добавлением соли, что задерживает созревание на несколько часов. Соль снижает активность ферментов, укрепляет структуру белков, подавляет жизне­деятельность бродильной микрофлоры.

В зимнее время года, если необходимо задержать созревание всех замешенных по­луфабрикатов, охлаждают помещение тестомесильного цеха. Добавление гидрокарбо­ната натрия (двууглекислой соды) задерживает созревание полуфабрикатов на 8... Ю и более часов. Сода нейтрализует накопившиеся кислоты, снижает активную кислот­ность полуфабрикатов и замедляет процесс спиртового брожения. В опары из пше­ничной муки рекомендуется добавлять 0,5% соды, а в закваски из ржаной муки — 0,7... 0,8% соды от массы муки в полуфабрикате. Соду предварительно растворяют в воде с температурой 18...20°С и хорошо перемешивают раствор с массой полуфабрикатов. Соду можно также добавлять в тесто, тогда как другие способы консервирования (до­бавление соли или холодной воды) для теста неприемлемы. Особое значение приобре­тает регулирование брожения полуфабрикатов при двухсменной работе хлебопекар­ного предприятия.