

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЖИДКИХ ЗАКВАСОК НА ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Т.А. Гуринова, Т.Д. Самуilenко, Е.А. Назаренко, Е.В. Стуцкая, Н.М. Дерканосова

Проведены исследования влияния основных технологических параметров приготовления жидких заквасок с завариванием части муки (количества питательной смеси, вносимой при возобновлении заквасок, времени приготовления заквасок) на их показатели качества и биотехнологические свойства. На основании экспериментальных данных в программе Microsoft Excel 2007 разработан алгоритм приготовления жидкой закваски в зависимости от режима работы хлебопекарного предприятия и объема выпускаемой продукции, что позволит оперативно составлять план работы заквасочного отделения на текущие сутки.

Введение

Для производства хлебобулочных изделий из ржаной муки и смеси ее с пшеничной на хлебопекарных предприятиях Республики Беларусь в качестве кислотообразующих полуфабрикатов используются жидкие закваски с завариванием части муки (далее жидкие закваски). По традиционной технологии они представляют собой постоянно возобновляемые по производственному циклу полуфабрикаты, полученные путем культивирования молочно-кислых бактерий и дрожжей в питательной смеси из муки и воды при определенных параметрах технологического процесса.

Применение жидких заквасок обусловлено целым рядом достоинств, обеспечивающих стабильно высокое качество готовой продукции [1]. В то же время процесс их получения требует строгого соблюдения технологических параметров и, в особенности, количества и регулярности внесения питательной смеси при возобновлении в условиях производственного цикла. При непрерывном режиме работы хлебопекарного предприятия, с достаточно постоянным объемом производимой продукции, названные параметры практически не изменяются. Поэтому процесс приготовления жидкой закваски и, как следствие, ее качество обеспечиваются единожды установленными режимами, обуславливающими стабильное качество готовой продукции.

Однако современное хлебопечение характеризуется постоянно изменяющимися в широком диапазоне (до 40 %) объемами производства, что предопределяет дискретный режим работы хлебопекарных предприятий. В этих условиях необходима переориентация в режимах работы заквасочного отделения, так как количество производимой закваски должно соответствовать количеству производимой продукции (хлеба), с одной стороны, а с другой – требует непрерывного режима ее приготовления [2].

Целью настоящих исследований является изучение показателей качества и биотехнологических свойств жидкой закваски и разработка алгоритма ее приготовления в зависимости от режима работы хлебопекарного предприятия и объема выпускаемой продукции.

Результаты исследований и их обсуждение

Согласно технологическим инструкциям жидкую закваску с завариванием части муки осевают путем отбора 50 % спелой закваски, которую используют на замес теста, а к оставшейся жидкой закваске добавляют равное количество питательной смеси для ее воспроизводства [3]. При изменении объема производимого хлеба, согласно заявкам торговых организаций, количество жидкой закваски может сокращаться или, по мере необходимости, увеличиваться. Уменьшать или увеличивать количество закваски можно за счет количества подаваемой питательной смеси, что может повлечь за собой изменение показателей качества жидкой закваски. Поэтому на первом этапе исследований изучали влияние внесения различ-

ного количества питательной смеси при приготовлении жидкой закваски в производственном цикле на качественные показатели жидкой закваски. В исследованиях использовали жидкую закваску, приготовленную в производственных условиях предприятия № 3 РУПП «Могилевхлебпром» с влажностью 81,0 % – 82,0 %, кислотностью 8,6–9,0 град и подъемной силой 26–30 мин. В жидкую закваску вносили питательную смесь в количестве от 10 % до 90 % с шагом 10 % по отношению к общему количеству получаемого полуфабриката. Брожение жидкой закваски осуществляли в лабораторном термостате при температуре 30 °С в течение 300 мин.

Поскольку процессы, происходящие при брожении закваски, обусловлены состоянием микрофлоры, содержащейся в ней, то нами определялись микробиологические показатели качества жидкой закваски (общее количество молочнокислых бактерий и дрожжевых клеток в 1 г полуфабриката), представленные в таблицах 1–2.

Таблица 1 – Общее количество молочнокислых бактерий $N_{МКБ} \cdot 10^6$, ед/г, в жидкой закваске

Образец	Соотношение компонентов, %		Время брожения, мин					
	закваска	питательная смесь	0	60	120	180	240	300
1	90	10	1358,8	1413,2	1448,6	1546,5	1506,1	1458,3
2	80	20	1207,6	1304,5	1402,5	1463,6	1538,1	1495,4
3	70	30	1056,5	1183,6	1324,8	1429,6	1488,8	1521,7
4	60	40	908,9	1101,2	1197,8	1357,4	1454,3	1496,8
5	50	50	758,8	903,4	1120,2	1213,5	1417,9	1502,1
6	40	60	602,9	772,5	896,4	1154,6	1121,5	1435,2
7	30	70	456,5	595,6	784,2	986,1	1115,7	1284,9
8	20	80	323,4	487,6	587,1	768,7	997,8	1174,2
9	10	90	154,2	308,3	427,5	531,8	763,5	1072,4

Таблица 2 – Общее количество дрожжевых клеток $N_{ДР} \cdot 10^6$, ед/г, в жидкой закваске

Образец	Время брожения, мин					
	0	60	120	180	240	300
1	75,6	79,5	85,2	82,3	76,8	72,3
2	62,4	73,8	80,4	84,9	79,8	69,5
3	55,6	64,4	72,1	82,1	85,7	64,3
4	50,4	58,9	66,3	74,4	86,3	85,9
5	45,4	52,1	61,7	69,8	82,8	84,5
6	36,6	44,8	53,3	62,2	71,8	83,7
7	24,5	32,9	41,3	50,7	59,6	67,1
8	16,4	21,2	29,1	38,2	51,6	58,4
9	9,2	15,3	20,4	28,7	38,1	52,3

Таблица 3 – Физико-химические показатели качества жидкой закваски

Образец	Влажность, %	Кислотность К, град, при времени брожения, мин						Подъемная сила ПС, мин, при брожении, мин					
		0		60		120		0		60		120	
		0	60	120	180	240	300	0	60	120	180	240	300
1	82,0	8,8	9,2	9,4	10,2	10,6	10,8	38	32	25	25	30	34
2	81,4	8,6	8,8	9,2	9,6	10,2	10,6	40	34	29	27	26	32
3	82,0	8,0	8,4	8,8	9,4	10,0	10,2	42	40	35	27	25	31
4	81,6	7,8	8,2	8,6	9,0	9,6	10,0	44	42	37	31	25	26
5	81,8	7,4	7,8	8,0	8,6	9,2	9,8	47	43	38	30	27	26
6	81,6	7,2	7,6	7,8	8,4	8,6	9,4	50	46	42	35	28	25
7	81,4	7,0	7,4	7,6	8,0	8,2	8,8	55	51	48	43	34	31
8	81,4	6,8	7,0	7,2	7,6	8,0	8,4	65	59	52	48	42	33
9	81,2	6,2	6,4	6,6	7,0	7,6	8,2	73	67	61	54	48	40

Физико-химические показатели качества жидкой закваски (влажность, кислотность и подъемная сила), обусловленные изменением общего количества микроорганизмов в процессе брожения, представлены в таблице 3. Также в процессе брожения жидкой закваски оценивались и ее органолептические показатели качества (внешний вид, запах и вкус).

Наблюдения за процессом брожения закваски, а также данные таблиц 1–2 показали, что количество вносимой питательной смеси влияет на этот процесс. Установлено, что при внесении питательной смеси в жидкую закваску в начале брожения она имеет однородную консистенцию кремового цвета. По истечении 60–120 мин в жидкой закваске начинают образовываться пузырьки газа различных размеров, и постепенно она увеличивается в объеме в два раза, приобретает ярко выраженный вкус и аромат. Чем меньшее количество питательной смеси вносится при возобновлении закваски (10 % – 20 %), тем более интенсивно протекает этот процесс и тем ранее закваска достигает своей готовности. При внесении питательной смеси в количестве 30 % – 70 % через 60–120 мин брожения в жидкой закваске происходит незначительное образование мелких пузырьков газа, а при внесении более 70 % питательной смеси на возобновление жидкая закваска сохраняет однородную консистенцию без видимых следов газообразования. При увеличении времени брожения до 180–300 мин жидкая закваска с внесением 10 % – 20 % питательной смеси на возобновление начинает постепенно снижаться в объеме до первоначального своего состояния. При внесении количества питательной смеси более 20 % этот процесс постепенно смещается в сторону увеличения времени брожения, а при добавлении более 70 % питательной смеси снижение объема жидкой закваски и вовсе не наступает. Эти тенденции связаны с тем, что при возобновлении жидкой закваски молочнокислые бактерии некоторое время приспосабливаются к новым условиям. Причем период адаптации молочнокислых бактерий будет тем продолжительнее, чем большее количество питательной смеси будет вноситься при возобновлении закваски. Количество молочнокислых бактерий в этот период изменяется незначительно. После периода адаптации и накопления в жидкой закваске стимуляторов роста количество молочнокислых бактерий начинает увеличиваться в геометрической прогрессии. К концу этой стадии процесс размножения замедляется, так как в массе закваски заканчиваются питательные вещества. При дальнейшем культивировании клетки молочнокислых бактерий начинают отмирать, а количество новых клеток уменьшается, что согласуется с известными данными, представленными в литературном источнике [4]. Схожая ситуация наблюдается и при развитии дрожжевых клеток (таблица 2).

Данные, представленные в таблицах 1–2, свидетельствуют о том, что нарастание кислотности и уменьшение подъемной силы жидкой закваски находится в прямой зависимости от количества микрофлоры (дрожжевых клеток и молочнокислых бактерий) и ее соотношения, которое в исследуемых образцах закваски колеблется в пределах от 1:16 до 1:21 в зависимости от времени брожения закваски. Это объясняется тем, что молочнокислые бактерии и дрожжи в жидкой закваске развиваются в условиях факультативного симбиоза. Молочнокислые бактерии нуждаются в присутствии дрожжей, так как последние стимулируют их развитие путем продуцирования витаминов, аминокислот, пуриновых и пиримидиновых оснований, что отражается на изменении их общего количества в процессе брожения жидкой закваски.

Изменения, происходящие в процессе брожения жидкой закваски, постепенно приводят к увеличению ее кислотности и дополнительному формированию вкусо-ароматических веществ как в самой закваске, так и в готовых изделиях, снижению подъемной силы до величины, рекомендуемой технологическими инструкциями, что способствует лучшему разрыхлению теста и формированию равномерной пористости готового изделия.

Экспериментальные данные, представленные в таблице 3, показывают, что при внесении 10 % – 20 % питательной смеси при возобновлении жидкой закваски ее готовность достигается уже через 120 мин, о чем свидетельствует показатель кислотности (9,2–9,4 град) и величина подъемной силы (25–29 мин). Дальнейшее увеличение времени брожения приводит к перекисанию полуфабриката и увеличению подъемной силы, что влечет за собой снижение

степени разрыхленности теста, ухудшение органолептических показателей готовой продукции. Увеличение количества подаваемой питательной смеси до 30 % – 60 % обеспечивает готовность полуфабриката через 180–300 мин брожения. Причем при внесении 30 % питательной смеси оптимальная кислотность (9,4 град) достигается через 180 мин брожения, а при внесении 60 % питательной смеси этот же показатель достигается только через 300 мин. При внесении более 70 % питательной смеси накопление кислотности в пределах рекомендуемых технологическими инструкциями (9,0–12,0 град) не достигается даже через 300 мин брожения жидкой закваски. Аналогичная тенденция наблюдается и для показателя подъемной силы: он снижается при уменьшении количества подаваемой питательной смеси (10 % – 20 %) и времени выбраживания (120 мин), а также при увеличении количества вносимой питательной смеси (более 30 %) и продолжительности брожения жидкой закваски (до 300 мин). Таким образом, за счет внесения количества питательной смеси можно регулировать время брожения закваски, то есть степень ее готовности.

Анализ работы хлебопекарных предприятий, действующих в постоянно изменяющихся условиях производства, показал, что на каждом из них разрабатываются и осуществляются индивидуальные схемы возобновления необходимого количества жидких заквасок, основанные на варьировании соотношения в производственном цикле подаваемой питательной смеси и жидкой закваски предыдущего приготовления. Принципы составления таких схем носят субъективный характер.

Нестабильность технологических схем возобновления жидких заквасок приводит к значительным колебаниям получаемого количества жидкой закваски, что влияет на показатели ее качества, обуславливает нерациональное использование сырьевых и материальных ресурсов. Все это негативно отражается на экономической эффективности работы предприятий хлебопекарной отрасли, качестве готовой продукции и требует объективного подхода к организации работы заквасочного отделения.

Реализация поставленной задачи возможна посредством внедрения автоматизированных систем управления на основе построения математических моделей технологического процесса и нахождения оптимальных вариантов их реализации, исключив влияние субъективных факторов.

При разработке математической модели с целью нахождения оптимальных параметров приготовления жидких заквасок в постоянно изменяющихся условиях работы хлебопекарного предприятия и статистической обработке полученных данных нами была использована универсальная статистическая графическая система STATGRAPHICS Plus 5.0.

В качестве факторов, влияющих на технологический процесс приготовления жидких заквасок, приняли количество питательной смеси S (в процентах), подаваемой на возобновление, продолжительность брожения закваски τ (в минутах). В ходе производственного цикла приготовления жидкой закваски поддержание строго определенной температуры (30 °С) является затруднительным, ее изменение может быть вызвано перерывами в производстве, сезоном года и другими факторами. Поэтому также в качестве управляемого фактора учитывали температуру в допустимых технологией пределах колебания (28 ± 2) °С. Критериями оценки влияния выбранных факторов использовались следующие показатели: общее количество молочнокислых бактерий $N_{МКБ}$, ед/г, и дрожжевых клеток $N_{др}$, ед/г, кислотность жидких заквасок K (в градусах кислотности), подъемная сила $ПС$ (в минутах).

Влияние каждого из названных факторов и их взаимодействие на микрофлору заквасок, кислотность и подъемную силу графически отражает карта Парето, при помощи которой устанавливались незначимые коэффициенты, что позволило упростить первоначальный вид уравнения модели.

По результатам проведенного анализа критериев оценки был осуществлен перевод управляемых факторов в стандартизированный масштаб, а также была проведена статистическая обработка экспериментальных данных. Получены уравнения регрессии (1)–(4), адекватно описывающие зависимость исследуемых показателей качества жидких заквасок от объема выпускаемой продукции и режима работы хлебопекарных предприятий в постоянно изме-

няющихся условиях производства:

$$N_{\text{МКБ}} \cdot 10^{-6} = 65,094 - 8,083 \cdot S + 0,203 \cdot \tau + 47,319 \cdot t - 0,104 \cdot (S)^2 + 0,048 \cdot S\tau; \quad (1)$$

$$N_{\text{др}} \cdot 10^{-6} = 67,608 - 0,244 \cdot S - 0,065 \cdot \tau - 0,009 \cdot (S)^2 + 0,003 \cdot S\tau; \quad (2)$$

$$K = 3,574 - 0,015 \cdot S + 0,010 \cdot \tau + 0,176 \cdot t; \quad (3)$$

$$ПС = 37,372 + 0,337 \cdot S + 0,034 \cdot \tau + 0,005 \cdot (S)^2 - 0,002 \cdot S\tau; \quad (4)$$

где $N_{\text{МКБ}}$ – общее количество молочнокислых бактерий, ед/г;

$N_{\text{др}}$ – общее количество дрожжей, ед/г;

K – кислотность, град;

$ПС$ – подъемная сила, мин;

S – количество подаваемой питательной смеси на возобновление, %;

τ – продолжительность брожения, мин;

t – температура брожения, °С.

Представленная система уравнений дает возможность определять оптимальные технологические режимы приготовления жидких заквасок в постоянно изменяющихся условиях работы хлебопекарных предприятий.

Полученные результаты далее использовались в прикладной программе Microsoft Excel 2007, отражающей алгоритм технологического процесса приготовления жидкой закваски, то есть ее брожения [5].

Сущность алгоритма заключается в определении количества жидкой закваски и распределении ее по стадиям брожения в зависимости от условий работы предприятия: заявок торговых организаций на ассортимент хлебобулочных изделий из ржаной муки и смеси ее с пшеничной на предыдущий и последующий дни, продолжительности технологического цикла по ее выполнению, выхода готовых изделий, количества муки, направляемой на приготовление жидкой закваски, массовой доли влаги муки, массовой доли влаги жидкой закваски и ее плотности, количества подаваемой питательной смеси на возобновление закваски в зависимости от требуемых показателей ее качества и биотехнологических свойств.

Для функционирования алгоритма приготовления жидкой закваски вносили исходную информацию в ячейки таблиц программы Microsoft Excel 2007.

На ее основании проводили автоматизированный расчет промежуточных величин: количества муки, необходимой для приготовления ассортимента хлебобулочных изделий; количества муки, направляемой на приготовление жидкой закваски; суточного расхода жидкой закваски; количества закваски, направляемой на замес теста с учетом ритма отбора, и количества закваски, приготавливаемой с учетом отбора. Автоматизированный расчет осуществляли по заранее введенным в ячейки таблиц формулам, которые используются при технологических расчетах в хлебопекарном производстве [6].

Расчетные данные по суточному расходу жидкой закваски и ее количеству, приготавливаемой с учетом отбора, далее используются при расчете плана работы заквасочного отделения с различным количеством емкостей для приготовления жидкой закваски в постоянно изменяющихся условиях работы хлебопекарного предприятия.

В конечном итоге план работы заквасочного отделения представляет собой таблицу, содержащую информацию о времени возобновления жидкой закваски; количестве вносимой питательной смеси при ее возобновлении в зависимости от количества производственных емкостей, в которых осуществляется брожение закваски, разнице между заявками торговых организаций предыдущего и последующего дней и показателей качества жидкой закваски, установленных системой уравнений (1)–(4); времени и объемах дальнейшего перемещения жидкой закваски на приготовление теста для хлебобулочных изделий из ржаной муки и смеси ее с пшеничной.

Представленный план работы заквасочного отделения позволит оперативно перестраивать его работу, сохранять рекомендуемые технологическими инструкциями показатели качества и биотехнологические свойства жидких заквасок в постоянно изменяющихся условиях работы хлебопекарного предприятия, исключить влияние субъективных факторов на технологический процесс приготовления жидкой закваски.

Заключение

В ходе исследований были изучены показатели качества и биотехнологические свойства жидких заквасок с завариванием части муки в интервалах рекомендуемых технологическими инструкциями температур, времени приготовления и в варьировании количества подаваемой при возобновлении питательной смеси. Установлено, что условия возобновления жидких заквасок оказывают значительное влияние на процесс роста, развития и накопления продуктов метаболизма дрожжевых клеток и молочнокислых бактерий, что сказывается на их показателях качества (кислотности и подъемной силы). Разработана математическая модель, позволяющая оперативно установить оптимальные параметры приготовления жидких заквасок с завариванием части муки в постоянно изменяющихся условиях работы хлебопекарных предприятий. Полученные результаты были использованы для построения плана работы заквасочного отделения в прикладной программе Microsoft Excel 2007, который отражает технологический процесс приготовления жидкой закваски с завариванием части муки.

Литература

- 1 Ауэрман, Л.Я. Технология хлебопекарного производства : учебник для студентов вузов / Л.Я. Ауэрман. – 9-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Профессия, 2009. – 415 с.
- 2 Назаренко, Е.А. Производство ржано-пшеничного хлеба в условиях дискретного режима работы предприятий / Е.А. Назаренко, Т.А. Гуринова, Т.Д. Самуйленко, Н.М. Дерканосова // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. – 2012. – № 1. – С. 14–21.
- 3 Сборник технологических инструкций для производства хлебобулочных изделий. – М. : Прейскурантиздат, 1989. – 495 с.
- 4 Афанасьева, О.В. Микробиология хлебопекарного производства / О.В. Афанасьева. – СПб. : Береста, 2003. – 220 с.
- 5 Гуринова, Т.А. Разработка способа ведения жидких кислотообразующих полуфабрикатов в условиях нестабильной работы хлебопекарных предприятий / Т.А. Гуринова, Т.Д. Самуйленко, Е.В. Ступицкая, Е.Г. Старикович // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов VIII Международной научной конференции студентов и аспирантов, Могилев, 26–27 апреля 2012 г. / Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»; редкол.: А.В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. – Могилев, 2012. – Ч. 1. – С. 133.
- 6 Гатилин, Н.Ф. Проектирование хлебозаводов / Н.Ф. Гатилин. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 373 с.

Поступила в редакцию 15.11.2012