

664.654.12

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКВАСОК В ХЛЕБОПЕЧЕНИИ

Р.Р. ЕНИКЕЕВ, А.Г. КАШАЕВ, А.В. ЗИМИЧЕВ

Самарский государственный технический университет,

443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244; тел./факс: (846) 332-20-69, электронная почта: fpp@samgtu.ru

Представлены данные о влиянии различных микробиологических заквасок на химический состав, реологические свойства и потребительские качества хлеба. Рассмотрена эффективность внесения различных заквасок при производстве хлебобулочных изделий функционального значения. Даны рекомендации к использованию таких продуктов в рационе питания больных глютеновой энтеропатией. Показана возможность использования заквасок на основе культуры *Kluyveromyces marxianus* и кефирных грибов в качестве альтернативы хлебопекарным дрожжам.

Ключевые слова: хлебопекарные закваски, дрожжи, функциональные продукты, глютеновая болезнь.

На применении хлебопекарных дрожжей, которые представляют собой биомассу монокультуры *Saccharomyces cerevisiae*, базируется современное хлебопечение, в первую очередь это относится к пшеничному хлебу. Однако еще до изобретения Маркуардтом (Marquardt) в 1879 г. способа производства дрожжей в условиях аэрации и до его широкого промышленного внедрения в начале 20-го века для ферментации и разрыхления теста использовали симбиотическую закваску, выведенную из естественной микрофлоры муки [1]. Современные исследования показывают, что хлеб на закваске обладает рядом преимуществ по сравнению с дрожжевым хлебом. Уникальным свойством закваски является симбиоз между дрожжами, в большинстве случаев представленными *Saccharomyces cerevisiae* и гомо- и гетероферментативными молочнокислыми бактериями *Lactobacillus sanfranciscensis*, *L. brevis* и *L. plantarum*, вместе составляющими первичную микрофлору. К вторичной микрофлоре, образующейся при произвольном брожении, относятся дрожжи видов *S. exiguus*, *Candida krusei*, *C. milleri* и бактерии *L. alimentarius*, *L. acidophilus*, *L. fructivorans*, *L. fermentum*, *L. reuteri* и *L. pontis* [2]. Всего в заквасках насчитывают более 50 видов молочнокислых бактерий и более 25 видов дрожжей.

Бактерии закваски вносят существенный вклад в развитие аромата хлеба, выделяя органические кислоты, спирты, кетоны, альдегиды, эфиры и серосодержащие соединения, в том числе не выделяемые обычными дрожжами [3]. По улучшению пищевой ценности хлеба можно выделить три основных действия: уменьшение содержания фитиновой кислоты и как следствие увеличение биологической доступности минеральных солей, выделение экзополисахаридов, выполняющих роль пребиотиков, гидролиз проламиновой фракции белка, что делает продукт доступным для людей, страдающих глютеновой энтеропатией [4].

Фитиновая кислота способна связывать многовалентные ионы металлов и присоединяться к белковым молекулам посредством электростатического взаимодействия. Таким образом, она препятствует усвоению содержащихся в злаковых культурах элементов К, Р,

Са, Мп, Mg, Zn, Fe и др. [5]. Дрожжи и бактерии заквасок вырабатывают фермент фитазу, который катализирует гидролиз фитиновой кислоты на мио-инозит и фосфорную кислоту [4]. Причем понижение кислотности до pH 5,5, вызванное молочнокислым брожением, способствует гидролизу фитиновой кислоты. Исследования показывают, что применение закваски в большой степени снижает содержание фитиновой кислоты – на 62% по сравнению с 38% для хлебопекарных дрожжей. Причем содержание фитиновой кислоты в отрубях сокращается приблизительно на 90% [6]. Опыты на животных показали лучшую усвояемость железа при кормлении хлебом на закваске по сравнению с экспериментальной группой, рацион которой основан на дрожжевом хлебе, и контрольной группой – на бездрожжевом хлебе. В первой группе зафиксирован самый высокий средний уровень гемоглобина, содержание железа и ферритина в сыворотке крови. Содержание железа в экскрементах значительно ниже по сравнению с остальными группами [7].

В процессе развития молочнокислые бактерии заквасок выделяют гомо- и гетерополисахариды регулярного и нерегулярного строения. Синтез глюкана и фруктана производится только из сахарозы при участии фермента левансахаразы, относящегося к гликозилтрансферазам. Этот фермент вызывает рост молекул поли- и олигосахаридов [8]. Присутствие фруктана положительно отражается на реологии теста, удельном объеме хлеба и жесткости мякиша, а также препятствует процессу черствения [9]. Внесение полисахаридов, выделенных из закваски, показало возможность улучшения реологии теста из сильной муки при продолжительном времени брожения. Леван, продуцируемый *L. sanfranciscensis*, избирательно стимулирует рост бифидобактерий, улучшая состояние кишечной микрофлоры человека [10].

Хлебопекарные продукты на основе заквасок могут быть включены в рацион больных глютеновой энтеропатией при условии правильно составленной технологической схемы и после исследования восприятия таких продуктов организмом больного. Проявление глютеновой энтеропатии, или целиакии, – в иммунной реак-

ции на пептиды, продукты гидролиза проламинов пшеницы (α -, β -, γ - и ω -глиадин), ржи (секалин), ячменя (гордеин) и др. [4]. На данный момент лечением служит только употребление безглютеновых продуктов. Согласно Codex Alimentarius FAO/ВОЗ, принятому в 1976 г. с редакциями в 1981 и 2000 гг., к таким продуктам относятся: (1) состоящие только из ингредиентов, не содержащих проламинов пшеницы или всех видов *Triticum*, при содержании глютена не превышающем 20 ppm; (2) состоящие из ингредиентов пшеницы, ржи, ячменя и т. д., не содержащих глютен, при уровне глютена не превышающем 200 ppm; (3) любая смесь из ингредиентов 1 и 2 при уровне глютена не превышающем 200 ppm. Однако при сбраживании теста бактериями закваски происходит гидролиз глиадиновой фракции белка пшеницы. Влияние дрожжей можно не учитывать, поскольку оно незначительно по сравнению с протеолитической активностью молочнокислых бактерий и ферментов муки [11]. Сравнивали хлеб, содержащий 30% пшеничной муки, сброженный закваской и хлебопекарными дрожжами. При 24-часовой ферментации жидкой закваски происходит полный гидролиз глиадина и низкомолекулярных спирторастворимых пептидов. Испытания на добровольцах показали отсутствие ответной реакции при употреблении хлеба на закваске в количестве, равноценном 2 г глютена [12]. Схожие результаты получены и для ржаной муки. Большинство спирторастворимых пептидов гидролизуются при длительной ферментации, тем самым снижая риск проявления симптомов глютеновой болезни [13].

Использование закваски положительно отражается на времени хранения хлеба. Исследования показывают ингибирующую активность молочнокислых бактерий, используемых для приготовления заквасок, *Lactobacillus plantarum*, *L. alimentarius*, *L. sanfranciscus*, *L. rhamnosus* и *L. paracasei* в отношении различных видов плесени: *Fusarium culmorum*, *F. graminearum*, *F. proliferatum*, *Aspergillus niger* и *Penicillium expansum* [14]. Особо стоит отметить ингибирующую активность *L. plantarum*, *L. alimentarius* и *Pediococcus pentosaceus* к протеолитическим бактериям *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis*, являющихся причиной развития картофельной, или тягучей, болезни хлеба [15]. При добавлении пропионата кальция наблюдается синергическое воздействие на *B. subtilis* и плесени, причем появляется выраженное ингибирующее воздействие на рост *P. roqueforti*, не наблюдаемое при внесении закваски и пропионата кальция в отдельности [16]. На действие в отношении *B. subtilis* понижение кислотности существенного влияния не оказывает, так как при добавлении в тесто молочной кислоты в концентрации, которая образуется при брожении закваски, не предотвращает развития картофельной болезни [15]. Антибактериальная и антиплесневая активность молочнокислых бактерий обусловлена целым комплексом веществ. К ним относятся диоксид углерода, молочная, капроновая, уксусная и фенилмолочная кислоты, диацетил, пероксид водорода, реутерин, кольцевые пептиды, белковые вещества (бактерицины), 3-гидрокси жирные кислоты [4, 17].

По способу производства и применения закваски можно классифицировать по трем типам:

традиционная закваска; ее возобновляют, используя небольшое количество выбродившей закваски;

промышленная закваска, приготовленная на специально отобранных штаммах микроорганизмов; обычно ее готовят жидкой консистенции для упрощения дозирования;

сухая закваска, для ее производства используются различные технологии: барабанная сушка, распылительная сушка, сушка в псевдоожиженном слое, сублимационная сушка [1].

Другой альтернативой хлебопекарным дрожжам могут быть дрожжи вида *Kluyveromyces marxianus*. Хлеб, выработанный с применением этих дрожжей, получается приблизительно такого же удельного объема и пористости, как и хлеб на обычных хлебопекарных дрожжах. Газовая хроматография – масс-спектрометрия и предварительная органолептическая оценка показали отсутствие существенного различия в составе ароматобразующих веществ. Хлеб на *K. marxianus* имел более высокую кислотность и как следствие большую устойчивость к микробиологической порче. Но главное достоинство – сохранение бродительной активности при термической сушке. Отсутствует необходимость использования криопротекторов при сублимационной сушке, что делает технологию безопаснее и значительно более выгодной в финансовом отношении [18]. Использование *K. marxianus* для приготовления закваски совместно с *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* позволяет получать продукт с лучшими органолептическими характеристиками и длительным сроком хранения. Эти микроорганизмы можно выращивать на подсырной сыворотке, тем самым решается проблема ее утилизации.

Еще одна замена хлебопекарным дрожжам – закваска на основе кефирных грибков. По качеству хлеб на кефирных грибах близок к традиционному хлебу на закваске. Мякиш лучше удерживает влагу, имеет более жесткую структуру, высокую кислотность, лучший вкус и аромат, по оценке потребителей, а также дольше сохраняет свежесть [19]. Схожие результаты были получены при выпечке хлеба с применением иммобилизованных кефирных зерен на пивной дробине, апельсиновой мякоти и апельсиновой кожуре (мезокарпе), являющихся отходами пищевых производств. При использовании кефирной закваски выделяется больше, по сравнению с хлебопекарными дрожжами, веществ, отвечающих за аромат и вкус. Во всех работах отмечается, что хлеб имеет лучшее качество и самое длительное время хранения при двухфазной технологии тестоприготовления.

Кефирные зерна, иммобилизованные на казеине, можно подвергнуть термической сушке. Такой продукт можно хранить 2 мес без потери активности. Выживаемость клеток после 12 мес хранения составляет 94% при сохранении высокой ферментативной активности. Предлагается использовать данный продукт как закваску в различных производствах [20]. Также хорошие показатели выживаемости клеток дает сублимационная сушка кефирных грибков, выращенных на молоч-

ной сыворотке [21]. Неплохие результаты дает конвекционная сушка при 33°C, однако после 4 мес хранения активность кефирных грибов заметно снижается [22]. Кефирные грибки имеют большой потенциал при переработке молочной сыворотки [23]. Добавление экстракта из черного изюма в количестве 1% к сыворотке оптимально по выходу биомассы кефирных грибов, времени брожения и конверсии [24].

Внедрение технологий переработки некоторых пищевых отходов (творожная сыворотка, подсырная сыворотка, пивная дробина и др.), используемых для получения микробиологических культур закваски, открывает путь к наиболее рациональной их утилизации.

Таким образом, замена хлебопекарных дрожжей в рецептуре хлебобулочных изделий на закваску с незначительной коррекцией технологического процесса позволяет повысить пищевую ценность, улучшить органолептические характеристики, а также продлить время хранения хлеба.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Brandt M.J.** Sourdough products for convenient use in baking // *Food Microbiology*. – 2007. – 24. – P. 161–164.
2. Interactions between *Saccharomyces cerevisiae* and lactic acid bacteria in sourdough / S. Paramithiotis et al. // *Process Biochemistry*. – 2006. – 41. – P. 2429–2433.
3. **Rehman S., Paterson A., Piggott J.R.** Flavour in sourdough breads: a review // *Trends in Food Science & Technology*. – 2006. – 17. – P. 557–566.
4. Biochemistry and physiology of sourdough lactic acid bacteria / M. Gobbetti et al. // *Trends in Food Science & Technology*. – 2005. – 16. – P. 57–69.
5. **Sanz Penella J.M., Collar C., Haros M.** Effect of wheat bran and enzyme addition on dough functional performance and phytic acid levels in bread // *J. of Cereal Science*. – 2008. – 48 (3). – P. 715–721.
6. Prolonged fermentation of whole wheat sourdough reduces phytate level and increases soluble magnesium / H. Lopez et al. // *J. of Agriculture and Food Chemistry*. – 2001. – 49. – P. 2657–2662.
7. **Chaoui A., Faid M., Belahsen R.** Making bread with sourdough improves iron bioavailability from reconstituted fortified wheat flour in mice // *J. of Trace Elements in Medicine and Biology*. – 2006. – 20. – P. 217–220.
8. Glucan and Fructan Production by Sourdough *Weissella cibaria* and *Lactobacillus plantarum* / R. Di Cagno et al. // *J. of Agricultural and Food Chemistry*. – 2006. – 54 (26). – P. 9873–9881.
9. **Tiekink M., Ganzle M.G.** Exopolysaccharides from cereal associated lactobacilli // *Trends Food Sci. Technol.* – 2005. – 16. – P. 79–84.
10. In vitro study of prebiotic properties of levan-type exopolysaccharides from lactobacilli and non-digestible carbohydrates using denaturing gradient gel electrophoresis / F. Dal Bello et al. // *Systematic and Applied Microbiology*. – 2001. – 24. – P. 1–6.
11. Proteolysis in Model Sourdough Fermentations / T. Zotta et al. // *J. of Agricultural and Food Chemistry*. – 2006. – 54 (7). – P. 2567–2574.
12. Sourdough bread made from wheat and non-toxic flours and started with selected lactobacilli is tolerated in celiac sprue / R. Di Cagno et al. // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2004. – 70. – P. 1088–1096.
13. Fermentation by selected sourdough lactic acid bacteria to decrease coeliac intolerance to rye flour / M. De Angelis et al. // *J. of Cereal Science*. – 2006. – 43. – P. 301–314.
14. **Hassan Y.I., Bullerman L.B.** Antifungal activity of *Lactobacillus paracasei* ssp. *tolerans* isolated from a sourdough bread culture // *Intern. J. of Food Microbiology*. – 2008. – 121. – P. 112–115.
15. Potential of Lactic Acid Bacteria to Inhibit Rope Spoilage in Wheat Sourdough Bread / K. Katina et al. // *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. – 2002. – 35(1). – P. 38–45.
16. **Ryan L.A.M., Bello F., Arendt E.K.** The use of sourdough fermented by antifungal LAB to reduce the amount of calcium propionate in bread // *Intern. J. of Food Microbiology*. – 2008. – 125. – P. 274–278.
17. **Corsetti A., Settanni L.** Lactobacilli in sourdough fermentation // *Food Research International*. – 2007. – 40. – P. 539–558.
18. Evaluation of thermally-dried *Kluyveromyces marxianus* as baker's yeast / D. Dimitrellou et al. // *Food Chemistry*. – 2009. – 115. – P. 691–696.
19. Bread making using kefir grains as baker's yeast / S. Plessas et al. // *Food Chemistry*. – 2005. – 93. – P. 585–589.
20. Fermentation efficiency of thermally dried immobilized kefir on casein as starter culture / D. Dimitrellou et al. // *Process Biochemistry*. – 2008. – 43. – P. 1323–1329.
21. Production of freeze-dried kefir culture using whey / G. Papavasiliou et al. // *Intern. Dairy Journal*. – 2008. – 18. – P. 247–254.
22. Fermentation efficiency of thermally dried kefir / H. Papapostolou et al. // *Bioresource Technology*. – 2008. – 99. – P. 6949–6956.
23. **Зимичев А.В., Зипаев Д.В.** Кефирные грибки и закваски на их основе // *Молочная пром-сть*. – 2007. – № 8. – С. 34–35.
24. Kefir-yeast technology: Industrial scale-up of alcoholic fermentation of whey, promoted by raisin extracts, using kefir-yeast granular biomass / A.A. Koutinas et al. // *Enzyme and Microbial Technology*. – 2007. – 41. – P. 576–582.

Поступила 25.09.09 г.

USE OF LEAVEN IN BAKING OF BREAD

R.R. ENIKEEV, A.G. KASHAEV, A.V. ZIMICHEV

Samara State Technical University,

244, Molodogvardeiskaya st., Samara, 443100; ph./fax: (846) 332-20-69, e-mail: fpp@samgtu.ru

Topical information on influence of the different microbiological starter cultures on chemical composition, rheological characteristics and customer quality of sourdough bread is presented. Efficiency of the sourdough application in the functional food development is considered. The recommendations to introduction such products for the benefit of patients with gluten-sensitive enteropathy are given. The potential of usage the sourdoughs based on *Kluyveromyces marxianus* and kefir grains as an alternative to bakery yeast is show.

Key words: sourdough, yeast, functional food, celiac disease.