

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК**

ОТДЕЛЕНИЕ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

**ХРАНЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ  
и ПЕРЕРАБОТКА ЖУРНАЛ  
сельхозсырья**

**Storage and Processing of Farm Products 5-2007**

УДК 663.452.4.033

## Пропагация ЧКД-процесса аэробно-поддерживаемого брожения

Ч.М.КАЙТУКОВ

Московский государственный университет пищевых производств

Представлена академиком РАСХН В.А.Панфиловым

В настоящее время при пропагации ЧКД различают, в основном, два способа: аэробный и анаэробный. Причем при анаэробном способе дрожжи размножаются в безкислородных условиях за счет брожения. При аэробном же способе пропагации считают, что дрожжи, в достаточном количестве потребляя кислород, фактически ассимилируют имеющийся в сусле сахар. При этом в описании способов и самого продукта используют такие названия, как «ассимиляционные способы» или «ассимиляционные дрожжи», подразумевая, что в условиях производства пива, в процессе пропагации, для дрожжей характерен исключительно аэробный энергетический и конструктивный обмен веществ, в процессе которого потребляемые дрожжами сахара полностью превращаются в биомассу,  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Однако это не совсем так.

В условиях пивоваренного производства, где источником сахара служит сусло, ни одна из современных установок не способна обеспечить чисто аэроб-

ное размножение ЧКД. В результате мы имеем дело с аэробно-поддерживаемым брожением [1], т.е. во время пропагации наряду с аэробным размножением дрожжей значительная часть процессов отведена брожению.

Данное предположение, высказанное Х.Мангером и Г.Анемюллером, должно теоретически привести к значительному изменению времени генерации при пропагации ЧКД. Причина этого изменения в том, что время генерации при анаэробных условиях значительно выше времени генерации при аэробных, соответственно, общее время генерации при пропагации должно быть ниже времени генерации при аэробных условиях, и при этом, чем больше анаэробных процессов при пропагации ЧКД, тем время генерации должно быть ниже.

Для подтверждения данного предположения составлены математические модели пропагации ЧКД по способу «в одном танке» и по способу в двухаппа-

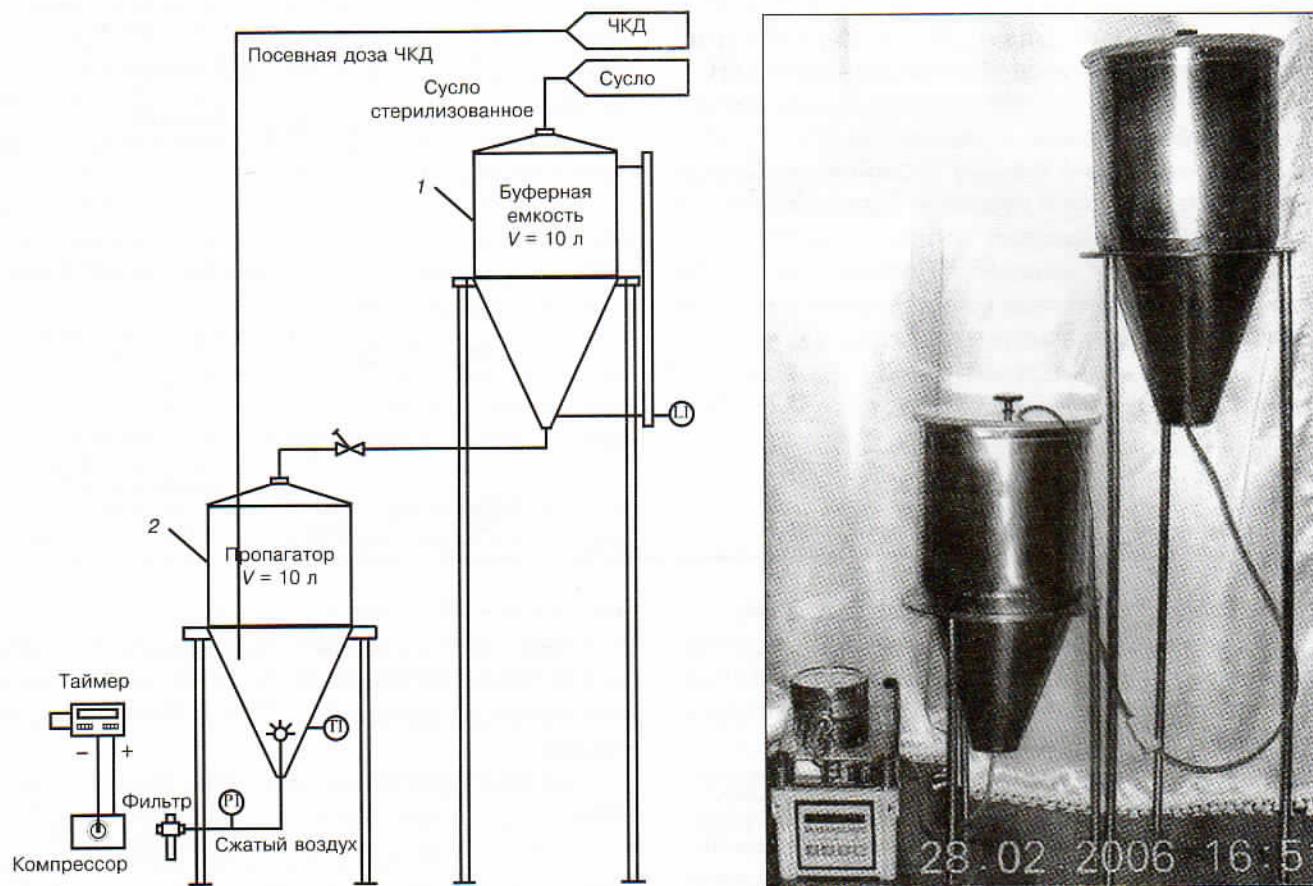


Рис. 1. Лабораторная установка

ратной установке периодического действия [2–4] и проведены опытные пропагации этими способами.

Для проведения опытов была собрана лабораторная установка (рис. 1), позволяющая смоделировать процесс пропагации ЧКД обоими способами.

Установка представляет собой две закрытые 10-литровые емкости, выполненные из нержавеющей стали. Каждая емкость установлена на подставки, причем одна из подставок имеет большую высоту. Емкость, установленная на более высокую подставку, предназначена для промежуточного хранения проптерилизованного сусла 1, а вторая емкость предназначена для осуществления процесса пропагации ЧКД, т.е. фактически играет роль пропагатора 2.

В нижнюю часть пропагатора встроена форсунка для подачи воздуха, которая гибкой трубкой соединена с воздушным компрессором (рис. 2).

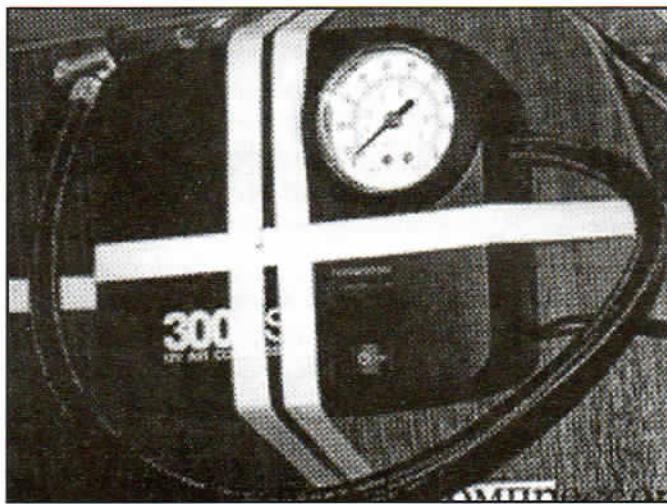


Рис. 2. Воздушный компрессор

В нижней части емкости для промежуточного хранения сусла предусмотрено отверстие, в которое вмонтирована гибкая трубка, предназначенная для подачи сусла в пропагатор, моделируя, таким образом, процесс пропагации ЧКД.

Для управления компрессором был изготовлен таймер (рис. 3), который позволяет устанавливать любое желаемое время аэрации и паузу, следующую после процесса подачи воздуха в пропагатор. Воздух нагнетается через стерилизующий фильтр, обеспечивающий бактериологическую очистку подводимого в пропагатор воздуха.

Для проведения эксперимента в качестве ЧКД был выбран штамм дрожжей SafBrew расфасовкой по 5 г (пивоваренные дрожжи низового брожения, пылевидные, темперированные – оптимальная температура брожения 20...26 °C).

Сусло в количестве 5000 мл варили классическим инфузионным способом из светлого пивоваренного солода с точным и скрупулезным соблюдением технологии для каждого повторения, гарантируя одинаковые условия субстрата для пропагации ЧКД различными способами. Начальная плотность сусла по ареометру составляла 1,038, что соответствует 9,5 %.

Время аэрации было выбрано равным 6 с последующей паузой в 10 мин. При меньшем времени аэрации наблюдалось кислородное голодание дрожжей,

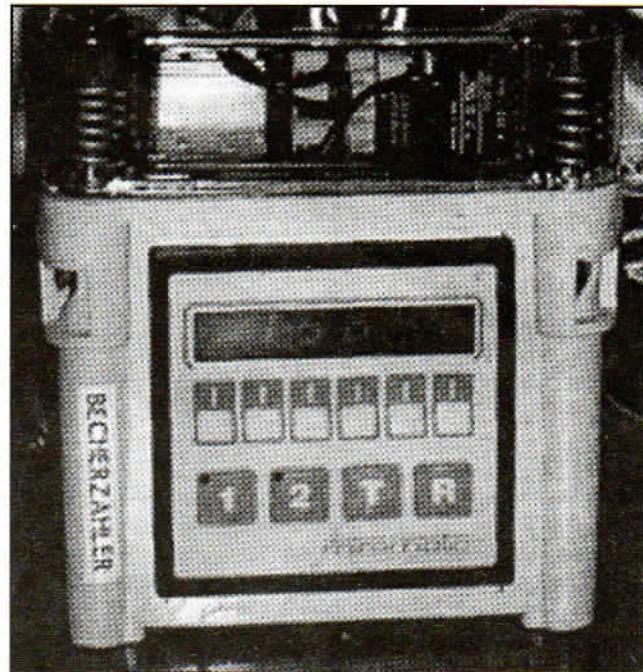


Рис.3. Таймер

и процесс их размножения переходил в анаэробное брожение. При большем же времени подачи воздуха, особенно к концу процесса пропагации ЧКД, были отмечены слишком интенсивное пенообразование и переполнение пропагатора.

Пропагацию проводили в трех повторениях для каждого способа при температуре 22 °C с небольшими колебаниями ( $\pm 0,5$  °C) при переходе в ночное время суток и обратно.

Наложив данные проведенных экспериментов на разработанные математические модели, удалось с достаточной точностью определить время генерации при обоих способах (рис. 4, 5).

В результате было выявлено, что при пропагации способом «в двухаппаратной установке периодического действия» время генерации составило 7,4 ч (см. рис. 4), тогда как время генерации при пропа-

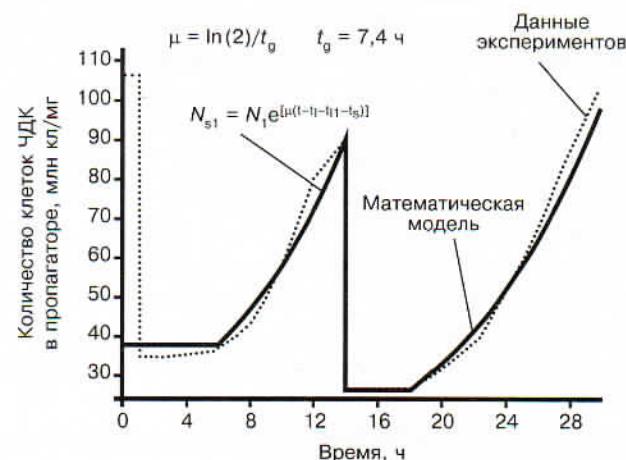


Рис. 4. Пропагация ЧКД в двухаппаратной установке периодического действия:  $N_s$  – содержание клеток ЧКД в пропагаторе в момент времени  $t$ , млн кл/мл;  $N_1$  – содержание клеток ЧКД в пропагаторе в начальный момент времени, млн кл/мл;  $\mu$  – удельная скорость роста;  $t$  – время от начала пропагации, ч;  $t_1$  – продолжительность lag-фазы, ч;  $t_{11}$  – продолжительность lag-фазы при второй задаче сусла, ч;  $t_g$  – продолжительность пропагации до второй задачи сусла, ч;  $t_g$  – время генерации, ч

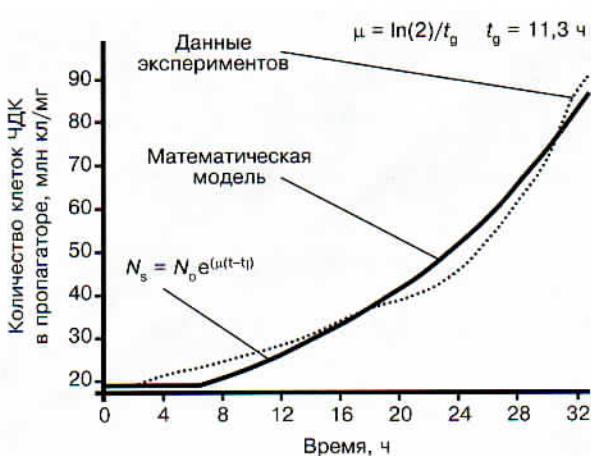


Рис. 5. Пропагация ЧКД в одном танке:  $N_s$  — содержание клеток ЧКД в пропагаторе в момент времени  $t$ , млн кл/мл;  $N_0$  — содержание клеток ЧКД в пропагаторе в начальный момент времени, млн кл/мл;  $\mu$  — удельная скорость роста;  $t$  — время от начала пропагации, ч;  $t_l$  — продолжительность lag-фазы, ч;  $t_g$  — время генерации, ч

гации способом «в одном танке» составило не менее 11,3 ч (см. рис. 5). Соответственно, время генерации сообщества клеток, включающего миллионы особей,

зависит от способа пропагации, а сам процесс пропагации ЧКД является процессом аэробно-поддерживаемого брожения.

Из представленных данных можно заключить, что при пропагации ЧКД способом в двухаппаратной установке периодического действия значительно в большей степени задействован механизм аэробного размножения клеток, что и обуславливает увеличение скорости получения необходимой концентрации дрожже-суслевой супензии.

#### Литература

1. Мангэр Х., Аннемюллер Г. Скорость размножения дрожжей на пивоваренном заводе // Мир пива. 2001. № 2.
2. Кайтуков Ч.М. Математическое моделирование процесса пропагации чистой культуры дрожжей // Мир пива. 2004. № 5.
3. Кайтуков Ч.М. Системы пропагации пивных дрожжей. Ч. 1 // Индустрия напитков. 2006. № 3.
4. Кайтуков Ч.М. Системы пропагации пивных дрожжей. Ч. 2 // Индустрия напитков. 2006. № 4.

#### К защите диссертации

УДК 664.642.2

## Состояние и перспективы использования пропионовокислых бактерий в производстве пшеничного хлеба

Д-р техн. наук Р.Д.ПОЛАНДОВА, Т.Б.БЫКОВЧЕНКО

ГосНИИ хлебопекарной промышленности

Д-р биол. наук Е.П.РЫЖКОВА, канд. биол. наук И.В.ДАНИЛОВА; ХАО ЛИ, А.И.ШЕСТАКОВ

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова

Пропионовокислые бактерии (ПКБ) являются активными продуцентами пропионовой кислоты и других антимикробных факторов — уксусной кислоты, диацетила, пропионицинов. ПКБ обладают пробиотическими свойствами, так как образуют нутриентики: витамины ( $B_{12}$ , фолиевую кислоту и др.), нуклеотиды, незаменимые аминокислоты, ферменты, бифидогенный фактор и др. [1].

Установлено, что экзометаболиты ПКБ подавляют рост бацилл разных видов [2, 3], что обуславливает возможность применения пропионовокислых бактерий в хлебопечении с целью предотвращения развития «картофельной болезни» хлеба, вызываемой споровыми бактериями рода *Bacillus* — *B. subtilis*, *B. cereus* и др.

Использование ПКБ для защиты хлеба от «картофельной болезни» и плесневения впервые предложено П.Пельхенке [4]. При содержании в тесте с ПКБ 0,25 % пропионовой кислоты обеспечивалось предотвращение микробиологической порчи пшеничного хлеба. К.Е.Воронцовой проведены исследования по приготовлению пшеничной закваски с ПКБ и ее влиянию на споровые бактерии — возбудители «картофельной болезни» хлеба. ПКБ выращива-

ли в стерильной мучной среде, обогащенной глюкозой, фосфатом калия, кукурузным экстрактом и другими веществами [5].

В ГосНИИХП разработана технология приготовления закваски [6] на основе выращивания в мучной осахаренной заварке штамма *Propionibacterium freudenreichii* RVS-4-irf (далее — *P. freudenreichii*), селекционированного на кафедре микробиологии МГУ им. М.В.Ломоносова. Пшеничный хлеб на пропионовокислой закваске отличался хорошими физико-химическими и органолептическими показателями качества и устойчивостью к развитию картофельной болезни при хранении. Проведенные в последние годы широкие производственные испытания показали, что при непрерывном процессе приготовления пропионовокислой закваски в результате изменившихся условий производства хлеба (одно- двухсменные режимы работы хлебозавода), высокой микробиологической загрязненности сырья и других факторов снижались ее биотехнологические свойства.

В связи с этим проведены исследования влияния состава питательной среды на накопление ПКБ, пропионовой и уксусной кислот и их действия на споровые бактерии *B. subtilis* и *B. cereus*.