

## АКТИВАЦИЯ ПИВНЫХ ДРОЖЖЕЙ СМЕСЬЮ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ

Павлов А.А.<sup>1</sup>, Помозова В.А.<sup>1</sup>, Пермякова Л.В.<sup>1</sup>, Верещагин А.Л.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности» Министерства образования и науки РФ, Кемерово, Россия (650056, г. Кемерово, бульвар Строителей, 47), [pomozo.va@mail.ru](mailto:pomozo.va@mail.ru)

<sup>2</sup>Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Бийск, Россия (659305, Алтайский край, г. Бийск, ул. Трофимова, 27)

---

Исследована возможность активации жизнедеятельности сухих пивоваренных дрожжей при помощи регулятора энергетического обмена – смеси органических кислот цикла Кребса. Исследовано влияние различных концентраций смеси кислот и показано положительное ее влияние на активность ферментов клеток дрожжей, а также на физиологическое состояние дрожжевой культуры за счет увеличения проницаемости клеточных мембран. Использование дрожжей, активированных в растворе кислот в концентрации  $1 \cdot 10^{-10}$  моль/дм<sup>3</sup>, положительно сказывается на процессе сбраживания пивного сусле, что подтверждено производственными испытаниями на действующем предприятии. Процесс брожения сократился на 1 сутки, физиологические показатели дрожжевой культуры лучше по сравнению с контрольным вариантом без обработки, качественные показатели и органолептическая характеристика пива соответствует требованиям стандарта.

---

Ключевые слова: дрожжи пивные, брожение, пиво, органические кислоты.

## ACTIVATION OF BEER YEAST BY THE MIX OF ORGANIC ACIDS

Pavlov A.A.<sup>1</sup>, Pomozova V.A.<sup>1</sup>, Permyakova L.V.<sup>1</sup>, Vereschagin A.L.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>FGBOU VPO "Kemerovo Institute of Technology of the Food Industry" Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Kemerovo, Russia (650056, Kemerovo, Stroiteley Boulevard, 47), [pomozo.va@mail.ru](mailto:pomozo.va@mail.ru)

<sup>2</sup>Biysk institute of technology (branch) of FGBOU VPO "The Altai state technical university of I.I.Polzunov", Biisk, Russia (659305, Biisk, Trofimova str., 27)

---

Possibility of activation of activity of dry brewing yeast by means of the regulator of a power exchange – mixes of organic acids of a cycle Krebsa is investigated. Influence of various concentration of a mix of acids is investigated and its positive influence on activity of enzymes of cages of yeast, and also on a physiological condition of barmy culture at the expense of increase in permeability of cellular membranes is shown. Use of the yeast activated in solution of acids in concentration  $1 \cdot 10^{-10}$  mol/dm<sup>3</sup>, positively affects process of fermentation of a beer wort that is confirmed with production tests at the operating enterprise. Process of fermentation was reduced by 1 day, physiological indicators of barmy culture it is better in comparison with control option without processing, quality indicators and the organoleptic characteristic of beer conforms to standard requirements.

---

Keywords: yeast beer, fermentation, beer, organic acids.

### Введение

Пивоваренная индустрия является одним из наиболее рентабельных сегментов пищевого производства. Рынок бутылочного пива контролируется несколькими крупными транснациональными компаниями. Наряду с известными брендами большую популярность приобретает непастеризованное «живое» пиво, выпускаемое микро- и мини-пивзаводами, а также предприятиями ресторанного типа.

Вопрос снижения производственных затрат при сохранении высокого качества пива должен решаться комплексно. Помимо новейшего оборудования и высококачественного сырья (чаще всего поступающего по импорту), отдельное внимание необходимо уделять технологии производства.

Как известно, пиво – результат жизнедеятельности дрожжей. Малые предприятия не располагают необходимым оборудованием для разведения чистой культуры дрожжей, поэтому используют препараты активных сухих пивоваренных дрожжей. Однако жизнеспособность таких дрожжей зачастую снижена, и количество мертвых клеток существенно превышает требуемый уровень. В связи с этим остро стоит проблема активации препаратов сухих дрожжей. В настоящее время существует большой спектр минеральных, органических или комплексных пищевых подкормок, которые используют в качестве дополнительного питания дрожжевой культуры как при брожении, так и на стадии хранения [3; 6; 7]. Использование данных препаратов положительно сказывается на скорости брожения и устойчивости культуры к различным неблагоприятным факторам.

Важное место в процессе обмена веществ клетки занимает цикл трикарбоновых кислот, являющийся каталитическим циклическим процессом, в результате чего клетка получает энергию, которая и расходуется для проведения основных ее биохимических процессов [5; 9]. Предположительно дополнительное внесение в культуральную среду органических кислот, которые будут являться энергетическим субстратом, позволит повысить активность засевных дрожжей и улучшить их физиологическое состояние [3]. Эффект влияния малых концентраций смеси трикарбоновых и дикарбоновых кислот цикла Кребса объясняется повышением проницаемости клеточных мембран и ускорением транспорта питательных веществ в клетку, что подтверждено работами [1; 2].

**Цель** данной работы – повышение активности сухих пивоваренных дрожжей и улучшение их физиологического состояния путем использования смеси кислот цикла Кребса.

#### **Объекты и методы исследований**

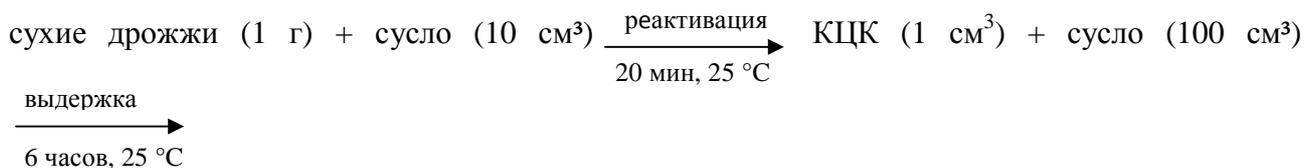
Объектом исследований служили сухие пивные дрожжи низового брожения Saflager W-34/70. Средой для обработки дрожжей, а также для сбраживания служило охмеленное пивное сусло с экстрактивностью 11%, полученное в условиях ООО «Продлюкс» (г. Кемерово).

Регулятором и активатором энергетического обмена служила смесь трикарбоновых и дикарбоновых кислот цикла Кребса (КЦК) (янтарная, яблочная, фумаровая, лимонная, щавелевоуксусная кислоты в соотношении 1:1:1:1) в концентрациях  $10^{-8}$ - $10^{-10}$  моль/дм<sup>3</sup>.

Оценку дрожжей проводили традиционными для пивоваренного производства методами: для определения активности ферментов (мальтазы, инвертазы, зимазы) использовали поляриметрический метод [8]; для анализа общего количества клеток, а также почкующихся, мертвых (с окрашиванием метиленовым синим по Финку) и содержащих гликоген (окраши-

ванием раствором Люголя), применяли метод прямого микрофотографирования в камере Горяева[4].

Дрожжи активировали по следующей схеме:



Анализ ферментативной активности и физиологического состояния дрожжей осуществляли после шестичасовой выдержки с КЦК. Контролем служил образец дрожжевой суспензии без внесения смеси кислот.

Для изучения процесса сбраживания дрожжи (с активацией или без нее) вносили в сусло из расчета 20 млн. кл./см<sup>3</sup> с учетом количества мертвых клеток. Брожение вели при температуре 12-15 °С в закрытых сосудах с гидрозатвором в течение 7 суток.

### Результаты и их обсуждение

Исследование влияния кислот на ферментативную активность дрожжей было проведено по описанной выше методике.

Из полученных результатов (табл. 1) видно, что использование смеси кислот приводит к увеличению активности исследуемых ферментов дрожжевой клетки в сравнении с контролем – мальтазы в 1,6-2,1 раза, зимазы в 1,7-1,9 раза, инвертазы в 1,1-1,3 раза. Повышение ферментативной активности дрожжей на стадии подготовки их к внесению в сусло является очень важной задачей, так как α-глюкозидаза (мальтаза) и инвертаза (β-фруктофуранозидаса) отвечают соответственно за расщепление мальтозы и сахарозы, а зимазный комплекс клетки катализирует непосредственно процесс спиртового брожения[5; 9].

Таблица 1– Влияние КЦК на ферментативную активность дрожжей

Вариант	Концентрация кислот, моль/дм <sup>3</sup>	Активность ферментов, ед./см <sup>3</sup>		
		зимазы	мальтазы	инвертазы
Контроль	-	87,40	1,78	52,45
Опыт 1	10 <sup>-8</sup>	145,70	2,85	57,22
Опыт 2	10 <sup>-9</sup>	165,10	3,21	63,42
Опыт 3	10 <sup>-10</sup>	167,50	3,80	65,50

Положительное действие кислот на физиологическое состояние дрожжевой культуры (табл. 2) наблюдается во всех образцах. Количество почкующихся клеток возрастает в 1,5-2,0 раза в сравнении с контролем, клеток с гликогеном – в 1,6-1,7 раза, снижение концентра-

ции мертвых клеток составляет от 8 до 30%. Большой эффект воздействия предлагаемым препаратом проявляется при концентрациях  $10^{-9}$  и  $10^{-10}$ .

Таблица 2–Физиологические показатели дрожжей при выдержке с КЦК

Вариант	Концентрация кислот, моль/дм <sup>3</sup>	Количество клеток, %		
		почкующихся	с гликогеном	мертвых
Контроль	-	21	50	50
Опыт 1	$10^{-8}$	31	51	46
Опыт 2	$10^{-9}$	35	82	38
Опыт 3	$10^{-10}$	41	85	35

Полученные данные свидетельствуют, что даже кратковременная активация реактивированных дрожжей смесью кислот цикла Кребса способствует значительному улучшению физиологических и биохимических характеристик культуры.

Для анализа эффективности влияния смеси КЦК при внесении ее на различных этапах производства сравнивали четыре варианта: контроль – сбраживание суслу реактивированными дрожжами без активации; опыт 1 – сбраживание среды дрожжами, активированными КЦК (концентрация  $10^{-9}$  моль/дм<sup>3</sup>); опыт 2 и 3 – сбраживание суслу, в которое предварительно вносили КЦК (концентрация соответственно  $10^{-9}$  и  $10^{-10}$  моль/дм<sup>3</sup>), реактивированными дрожжами без предварительной обработки.

Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Физиологические показатели дрожжей в процессе брожения

Вариант	Длительность брожения, сут					
	0	1	2	3	6	7
<b>Общее количество клеток, млнкл./см<sup>3</sup></b>						
Контроль (др. → сусло)	20,00	123,50	190,50	260,5	310,0	295,0
Опыт 1 (др. + КЦК ( $10^{-9}$ ) → сусло)	20,00	119,75	185,50	270,0	320,5	300,0
Опыт 2 (др. → сусло + КЦК ( $10^{-9}$ ))	20,00	195,00	307,50	438,5	450,0	430,0
Опыт 3 (др. → сусло + КЦК ( $10^{-10}$ ))	20,00	121,50	185,25	273,5	320,0	305,0
<b>Клетки почкующиеся, %</b>						
Контроль (др. → сусло)	19	53	61	59	50	48
Опыт 1 (др. + КЦК ( $10^{-9}$ ) → сусло)	20	67	72	70	63	60
Опыт 2 (др. → сусло + КЦК ( $10^{-9}$ ))	25	70	81	77	71	69

Опыт 3 (др. → сусло + КЦК ( $10^{-10}$ ))	19	68	72	67	61	57
<b>Клетки с гликогеном, %</b>						
Контроль (др. → сусло)	50	55	67	73	75	80
Опыт 1 (др. + КЦК ( $10^{-9}$ ) → сусло)	52	59	69	77	80	83
Опыт 2 (др. → сусло + КЦК ( $10^{-9}$ ))	59	67	75	86	89	90
Опыт 3 (др. → сусло + КЦК ( $10^{-10}$ ))	53	61	71	79	83	85
<b>Клетки мертвые, %</b>						
Контроль (др. → сусло)	21	19	16	15	17	20
Опыт 1 (др. + КЦК ( $10^{-9}$ ) → сусло)	20	17	15	13	16	19
Опыт 2 (др. → сусло + КЦК ( $10^{-9}$ ))	19	17	14	12	16	20
Опыт 3 (др. → сусло + КЦК ( $10^{-10}$ ))	20	18	15	13	17	20

В исследуемых образцах количество почкующихся клеток до 20% больше, чем в исходной культуре, однако более интенсивное почкование наблюдается в опытных вариантах. Изменение концентрации мертвых клеток согласуется с характером процесса почкования дрожжей. Уменьшение количества мертвых клеток в значительной степени проявляется в опытных вариантах, причем лучше всего в образце сусла, сброженном дрожжами при внесении КЦК в концентрации  $10^{-9}$  и  $10^{-10}$  моль/дм<sup>3</sup>.

В образцах сусла с добавлением КЦК наблюдается более интенсивное накопление клеток с гликогеном. Это в дальнейшем положительно скажется на хранении дрожжей и сокращении лаг-фазы, если дрожжи предполагается сразу вводить в следующий цикл брожения.

Для подтверждения полученных результатов лабораторных исследований проведен производственный эксперимент в условиях мини-пивзавода ООО «Продлюкс» (г. Кемерово).

Сухие дрожжи расы W34/70 в количестве 2,5 кг после регидратации активировали в сусле с добавлением раствора КЦК до концентрации  $10^{-10}$  моль/дм<sup>3</sup> в соотношении 1:3 в течение 3 часов, после чего были введены в пивное сусло (объем 6000 дм<sup>3</sup>) экстрактивностью 11%. Контролем служили регидратированные дрожжи без обработки. Динамика брожения приведена на рис. 1.

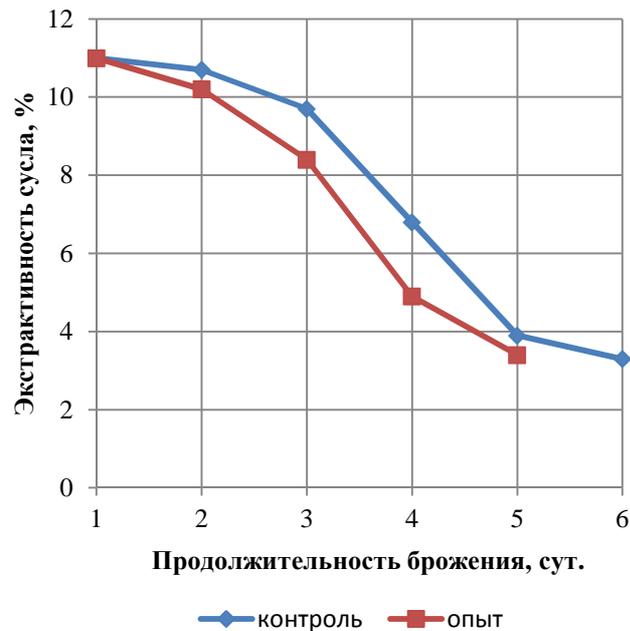


Рисунок 1 – Динамика убыли экстракта суслаопытного и контрольного образцов в производственном эксперименте

Как видно из приведенных данных, скорость брожения опытного образца заметно выше, в результате продолжительность брожения может быть сокращена на 1 сутки при тех же параметрах процесса. Пиво по окончании брожения дображивали в течение 22 суток при температуре 0- минус 1 °С. Готовое пиво контрольного образца отвечало всем требованиям нормативной документации по органолептическим и физико-химическим пивазателям.

Наблюдаемые явления можно объяснить тем, что кислоты цикла Кребса участвуют как в энергетическом обмене, так и в обеспечении и регуляции биосинтетических функций дрожжевой клетки. Трикарбоновые кислоты являются либо предшественниками синтеза одних веществ (аминокислот), либо способствуют синтезу других (в частности стероидов, входящих в состав клеточных мембран) [5; 9].

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что активирование сухих дрожжей КЦК в концентрации  $10^{-9}$  -  $10^{-10}$  моль/дм<sup>3</sup> положительно сказывается на их физиологическом состоянии, ферментативной активности и процессе сбраживания пивного сусла.

### Список литературы

1. Верещагин А.Л. Влияние сверхмалых концентраций интермедиатов цикла Кребса на рост и развитие чистой культуры *Staphylococcus aureus* / Верещагин А.Л., Кунец Л.Л. // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2012. – №2(3). – С. 143–144.
2. Верещагин А.Л. Влияние сверхмалых доз интермедиатов цикла Кребса на рост и развитие ряда двудольных растений: монография / А.Л. Верещагин, В.В. Кропоткина; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. – 94 с.
3. Григорьева Н.П. Активация дрожжей *Saccharomyces* дикарбоновыми кислотами / Н.П. Григорьева, И.А. Тимухина, Н.Н. Симонова, О.А. Решетник // Конференция «Пищевая промышленность – XXI век». – 2001. – С. 64-65.
4. Качмазов Г.С. Дрожжи бродильных производств. Практическое руководство. – СПб.: Лань, 2012. – 224 с.
5. Коновалов С.А. Биохимия дрожжей. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 271 с.
6. Меледина Т.В. Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении. – СПб.: Профессия, 2003. – 304 с.
7. Пермякова Л.В. Активация пивных дрожжей с помощью комплексной дрожжевой подкормки /Л.В. Пермякова, В.А. Помозова, Д.С. Апенюва, Р.В. Русских //Пиво и напитки. - 2012.– № 1.– С.18-22.
8. Польшалина Г.В. Определение активности ферментов. Справочник / Г.В. Польшалина, Чердниченко В.С., Римарева Л.В. – М.: ДеЛиПринт, 2003. – 375 с.
9. Хорунжина С.И. Биохимические и физико-химические основы технологии солода и пива. – М.: Колос, 1999. – 312с.

Рецензенты:

Позняковский В.М., д.б.н., профессор, руководитель отдела «Гигиена питания и экспертиза товаров» Научно-образовательного центра ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности», г. Кемерово.

Киселев В.М., д.т.н., профессор, профессор кафедры «Торговое дело» Кемеровского института (филиала) ФГБОУ ВПО «Российский государственный экономический университет им. Г.В. Плеханова», г. Кемерово.