

## Раздел 2. Технологии производства и аппаратное оформление новых пищевых продуктов

УДК 664.642

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СУЛЬФАТА ЖЕЛЕЗА НА НАКОПЛЕНИЕ БИОМАССЫ ХЛЕБОПЕКАРНЫМИ ДРОЖЖАМИ НА СТАДИИ МАТОЧНЫХ КУЛЬТУР

О.А. Неверова, А.В. Асташев, Н.И. Давыденко

*Статья посвящена установлению влияния различных концентраций сульфата железа на накопление биомассы хлебопекарных дрожжей на стадии маточных культур. Культивирование проводили на лабораторной стадии выращивания маточных культур. В результате установлено, что различные концентрации сульфата железа не влияют на разницу в приросте биомассы, и оптимальным содержанием сульфата железа в питательной среде является концентрация 50 мг/л.*

*Ключевые слова: сульфат железа, маточные культуры, дрожжи, биомасса.*

Применение дрожжей в ряде отраслей пищевой промышленности заставляет искать пути совершенствования технологии их производства.

Одним из условий повышения эффективности работы дрожжевых предприятий в условиях современной конкуренции является использование технологических приемов, повышающих выход биомассы товарных дрожжей при минимальных затратах. Успешное решение подобных вопросов позволяет снизить себестоимость продукции, увеличивая ее конкурентоспособность.

Существуют различные способы, способствующие увеличению количества биомассы дрожжей на единицу объема питательной среды. Так, например, присутствие ионов металлов, необходимых для жизнедеятельности дрожжей [1], или постоянная температура культивирования [2] в разной степени увеличивают количество дрожжевой биомассы.

Железо – один из микроэлементов, участвующих в метаболизме дрожжевой клетки. Оно входит в состав многих металлоферментов (сукцинат-дегидрогеназа, каталаза), обладая переменной валентностью, активно участвует в окислительно-восстановительных реакциях. В отсутствие железа дрожжи не растут, однако его высокая концентрация токсична для них.

**Цель работы** – исследовать влияние различных концентраций неорганического железа на выход биомассы хлебопекарных дрожжей на стадии маточных культур.

В задачи исследований входило: изучение физиологических показателей и выход биомассы хлебопекарных дрожжей в динамике за 6 суток культивирования в пастеровских колбах при внесении определенной концен-

трации сульфата железа; выбор оптимальной дозы внесения сульфата железа и режимов культивирования; применение параметров культивирования для получения дрожжей на последнем этапе лабораторной стадии – в колбах Карлсберга.

Материалы и методы.

Объектом исследований являлись хлебопекарные дрожжи вида *Saccharomyces cerevisiae*. В качестве источника железа использовали сульфат железа семиводный. Эта соль легко растворяется в воде, что облегчает ее применение в питательной среде, она не обладает токсичным эффектом, и разрешена при производстве или обогащении пищевых продуктов [3]. Исследования проводили на лабораторной стадии получения маточных культур по укороченной схеме.

Дрожжи, выращиваемые в пастеровских колбах, получали путем посева чистой культуры хлебопекарных дрожжей вида *Saccharomyces cerevisiae* на 400 мл солодового сусла. Исследования проводили по четырем вариантам – трем опытными с различными концентрациями сульфата железа в питательной среде – 50, 200 и 300 мг/л, что соответствовало содержанию железа 10, 40 и 60 мг/л соответственно; и одному контрольному, куда сульфат железа не добавляли. Температура культивирования составляла 30°C. Каждые сутки (до 6) в дрожжах определяли микробиологические показатели и содержание биомассы.

Дрожжи, получаемые в колбах Карлсберга, выращивали в 7 л солодового сусла путем засева содержимого пастеровских колб.

Содержание почкующихся, мертвых клеток, запасных веществ (волютина и гликогена) определяли микроскопированием [4] с исполь-

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СУЛЬФАТА ЖЕЛЕЗА НА НАКОПЛЕНИЕ БИОМАССЫ ХЛЕБОПЕКАРНЫМИ ДРОЖЖАМИ НА СТАДИИ МАТОЧНЫХ КУЛЬТУР

зованием микроскопа *Axioskop 2 Plus*. Биомассу дрожжей определяли весовым методом из расчета содержания влаги в дрожжах 75 %. Повторность опытов 3-х кратная. Математическая обработка экспериментального материала проведена с использованием статистического пакета *Statistica 5,5* для *IBM* совместимых компьютеров.

### Основные результаты.

При усовершенствовании технологии выращивания маточных культур хлебопекарных дрожжей с добавлением сульфата железа важным показателем является накопление биомассы дрожжевых клеток. В качестве до-

полнительных, но также необходимых показателей физиологического состояния дрожжей служат запас питательных веществ (гликогена и волютина) в дрожжевых клетках, являющихся потенциалом для накопления биомассы, и содержание мертвых клеток.

Анализ накопления биомассы маточными культурами дрожжей в динамике за 6 дней показал, что как у контрольного, так и у опытных вариантов изменение этого показателя происходит по экспоненциальной кривой с максимальным приростом на 2-3 сутки и минимальным на 5-6 сутки культивирования (рисунок 1).

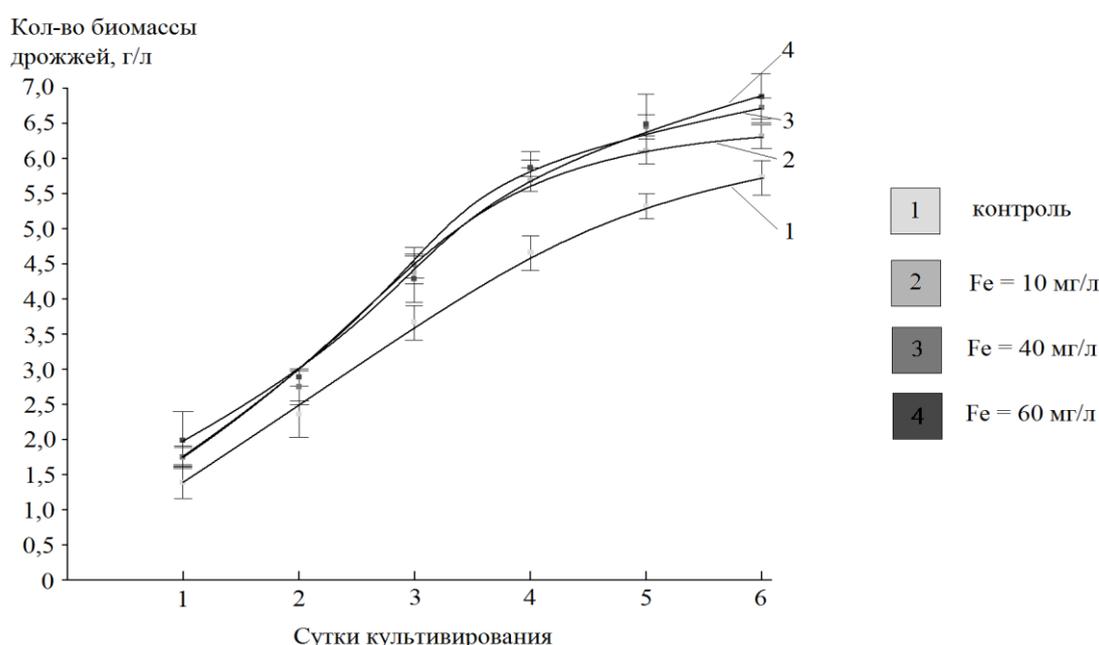


Рисунок 1 – Динамика накопления биомассы дрожжей в течение 6 суток в зависимости от концентрации железа в питательной среде

Сравнительная характеристика показала, что у опытных вариантов дрожжей на 1 сутки культивирования отмечаются наиболее существенные отличия от контроля – выход биомассы больше на 25, 27 и 43 % при внесении железа в сусле из расчета 10, 40 и 60 мг/л соответственно; к 6 суткам у опытных вариантов выход биомассы выше по сравнению с предыдущими сутками культивирования, но превышение над контролем происходит лишь на 10, 17 и 20 % соответственно.

На выход биомассы непосредственное влияние оказывают такие физиологические показатели, как накопление питательных веществ и содержание почкующихся клеток. Экспериментальные данные показывают, что при добавлении сульфата железа наблюдается тенденция к увеличению содержания

почкующихся клеток дрожжей (таблица 1).

Содержание гликогена в клетках дрожжей у опытных и контрольного варианта не различается на 1 и 2 сутки культивирования. На 3 сутки культивирования в клетках дрожжей опытных вариантов запас гликогена выше по сравнению с контролем (таблица 1). Это, в совокупности с более высокой интенсивностью процесса почкования, очевидно, обеспечивает более высокий прирост биомассы на 3 сутки у опытных вариантов в сравнении с контрольным (выше контроля на 21, 23 и 19 % у 1, 2 и 3 варианта соответственно).

Увеличение выхода биомассы при культивировании маточных дрожжей на сусле с добавлением железа, очевидно, связано с тем, что данный элемент выполняет важные

физиологические функции в клетках, являясь составной частью ферментов.

Анализ динамики изменения количества мертвых клеток в зависимости от суток культивирования показал, что на 1 и 2 сутки этот показатель не превышает 5 % в культуре

дрожжей опытных и контрольного варианта. На 3 сутки отмечается тенденция к увеличению количества мертвых клеток дрожжей во всех исследуемых вариантах (7,67 – 9 %), а, начиная с 4 суток, это показатель существенно возрастает – в 4 и более раза (таблица 1).

Таблица 1 – Физиологические показатели дрожжевой культуры в динамике за 6 суток

Содержание сульфата железа в питательной среде, мг/л	Сутки культивирования	Микробиологические показатели		
		Кол-во почкующихся клеток, %	Кол-во мертвых клеток, %	Содержание гликогена, % от размера клетки
0	1	60,00±0,00	5,00±0,00	66,00±0,00
	2	56,67±3,33	5,00±0,00	66,00±0,00
	3	53,33±3,33	7,67±1,45	60,67±5,33
	4	53,33±3,33	13,33±1,67	55,33±5,33
	5	46,67±3,33	16,67±1,67	55,33±5,33
	6	46,67±3,33	28,33±1,67	50,00±0,00
50	1	61,67±1,67	5,00±0,00	66,00±0,00
	2	61,67±1,67	5,00±0,00	66,00±0,00
	3	61,67±1,67	8,00±1,00	66,00±0,00
	4	50,00±0,00	16,67±1,67	51,67±1,67
	5	51,67±1,67	21,67±1,67	50,00±0,00
	6	50,00±0,00	26,67±1,67	50,00±0,00
200	1	61,67±1,67	5,00±0,00	66,00±0,00
	2	63,33±1,67	5,00±0,00	66,00±0,00
	3	60,00±0,00	7,67±1,45	66,00±0,00
	4	56,67±3,33	10,00±1,15	55,33±5,33
	5	51,67±1,67	18,33±1,67	50,00±0,00
	6	48,33±3,33	28,33±1,67	50,00±0,00
300	1	63,33±1,67	5,00±0,00	66,00±0,00
	2	61,67±1,67	5,00±0,00	66,00±0,00
	3	56,67±3,33	9,00±1,00	66,00±0,00
	4	56,67±3,33	11,33±0,67	55,33±5,33
	5	51,67±1,67	16,67±1,67	50,00±0,00
	6	43,33±1,67	25,00±0,00	50,00±0,00

Сопоставление полученных результатов показало, что наряду с выявленным положительным влиянием сульфата железа на микробиологические показатели и выход биомассы хлебопекарных дрожжей при культивировании в пастеровских колбах, не наблюдается существенной разницы между значениями опытных вариантов, несмотря на различие концентраций сульфата железа. В связи с чем можно ограничиться минимальной концентрацией вносимой добавки – 50 мг/л, что соответствует 10 мг/л железа.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования на стадии пастеровских колб позволили выявить, что добав-

ление сульфата железа в солодовое сусло увеличивает выход биомассы хлебопекарных дрожжей. Оптимальными параметрами на этой стадии культивирования являются: добавление в сусло сульфата железа в концентрации 50 мг/л, что соответствует 10 мг/л железа и время культивирования – 3 суток. При данных условиях культивирования у хлебопекарных дрожжей отмечается более значительное накопление гликогена в клетках в сравнении с контролем, на 15 % увеличивается содержание почкующихся клеток, выход биомассы увеличивается на 20 %, несмотря на то, что процент мертвых клеток чуть выше допустимого уровня.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СУЛЬФАТА ЖЕЛЕЗА НА НАКОПЛЕНИЕ БИОМАССЫ ХЛЕБОПЕКАРНЫМИ ДРОЖЖАМИ НА СТАДИИ МАТОЧНЫХ КУЛЬТУР

Проведенные исследования позволили выбрать норму внесения сульфата железа для культивирования хлебопекарных дрожжей в колбах Карлсберга. Дрожжи на последнем этапе лабораторной стадии выращивали путем посева содержимого пастеровских колб в 7 л солодового сусла в двух вариантах – контрольному без добавления сульфата железа, и опытному с концентрацией сульфата железа в

солодовом сусле 50 мг/л. Культивирование проводили в течение 2 и 3 суток.

Добавление сульфата железа в питательную среду также увеличивает выход дрожжевой биомассы на стадии колб Карлсберга (рисунок 2). На вторые сутки количество биомассы в опытном варианте выше контрольных значений на 20 %, на третьи – на 60%.

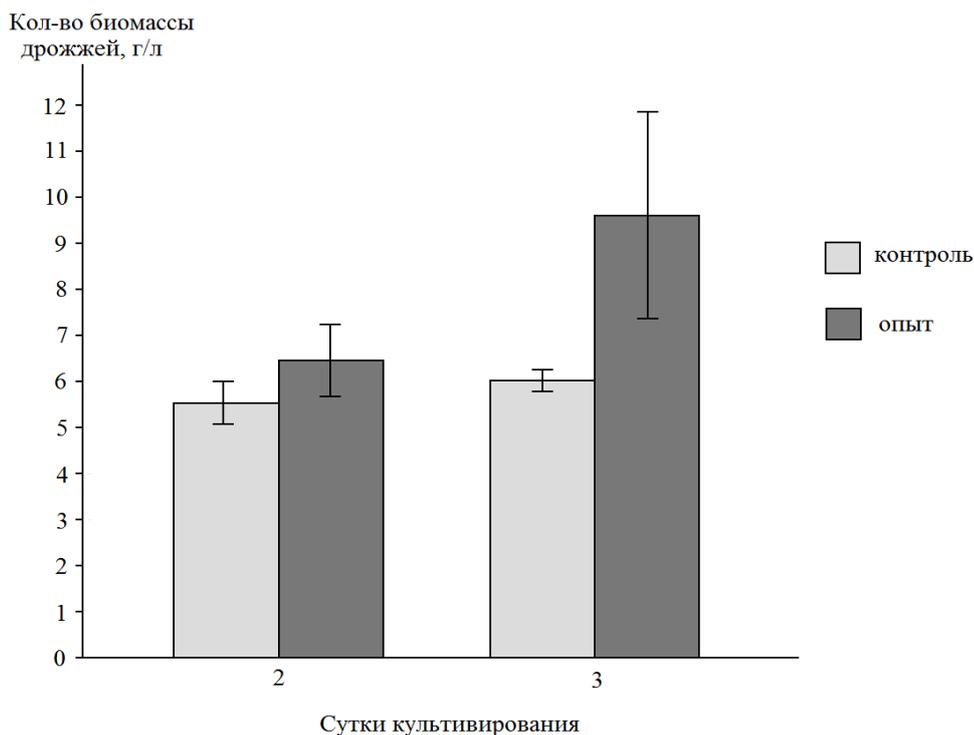


Рисунок 2 – Количество биомассы дрожжей, культивируемых в колбах Карлсберга в течение 2 и 3 суток.

Изучение микробиологических показателей дрожжей, культивируемых в колбах Карлсберга, выявило, что сульфат железа не оказывает практически никакого влияния

на количество почкующихся клеток и содержание гликогена в дрожжах – значения в опытных вариантах находятся на уровне контроля (таблица 2).

Таблица 2 – Физиологические показатели дрожжевой культуры на лабораторной стадии в колбах Карлсберга

Варианты	Контрольный вариант		Опытный вариант	
	2 сутки	3 сутки	2 сутки	3 сутки
Содержание почкующихся клеток, %	60,0±0,0	50,0±0,0	60,0±0,0	50,0±0,0
Содержание мёртвых клеток, %	5,0±0,0	7,0±1,0	6,0±1,0	9,0±2,0
Содержание гликогена, % от размера клетки	60,0±0,0	50,0±0,0	50,0±0,0	50,0±0,0

Однако наблюдается тенденция к увеличению количества мертвых клеток в культуре дрожжей (таблица 2). Так, на вторые сутки культивирования в контрольном варианте этот показатель не превышает 5 %, в опытном ва-

рианте процент мертвых клеток немного выше. На третьи сутки культивирования содержание мертвых клеток в дрожжевой культуре выше 5 %, причем в опытном варианте наблюдается двукратное превышение этого зна-

чения. Следовательно, оптимальными параметрами для культивирования дрожжей в колбах Карлсберга являются: концентрация сульфата железа в солодовом сусле 50 мг/л и продолжительность выращивания 2 суток при температуре 30 °С.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, можно сделать следующий вывод: добавление сульфата железа в солодовое сусло увеличивает выход биомассы хлебопекарных дрожжей.

При удовлетворительных микробиологических показателях оптимальными параметрами культивирования хлебопекарных дрожжей на стадии пастеровских колб являются:

- добавление концентрация сульфата железа 50 мг/л (что соответствует 10 мг/л железа);

- время культивирования – 3 суток;

- температура – 30 °С.

На стадии колб Карлсберга: концентрация сульфата железа – 50 мг/л, время культивирования – 2 суток, температура – 30 °С.

Полученные результаты в дальнейшей работе будут использованы при разработке пищевых продуктов с повышенным содержанием железа, в частности:

- хлебопекарных прессованных дрожжей с повышенным содержанием железа;

- хлебобулочных изделий на основе содержащих железо хлебопекарных дрожжей;

- биологически активная добавка (БАД) на основе содержащих железо хлебопекарных дрожжей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов, Ш.А. Влияние геотермальной воды в составе среды культивирования на морфологические особенности и биохимический потенциал дрожжей *S. cerevisiae* и *S. oviformis* / Ш.А. Абрамов, С.Ц. Котенко, Э.А. Халилова, Э.А. Исламмагомедова // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2009. – №12. – С. 31-35.

2. Грунюшкин, И.П. Изучение влияния переменных температурных режимов на накопление биомассы дрожжами / И.П. Грунюшкин, Т.В. Баулина. – Мордов. гос. ун-т. Саранск, 2002, 8 с., Деп. в ВИНТИ 31.10.2002, № 1878-В2002.

3. Спиричев, В.Б. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология / В.Б. Спиричев, Л.Н. Шатнюк, В.М. Позняковский. – Новосибирск: Сибирское книжное изд-во, 2005. – 548 с.

4. Пономарева, О.И. Микробиология производства хлебопекарных дрожжей: учеб. пособие / О.И. Пономарева, В.Г. Черныш. – СПб.: [б. и.], 2009. – 200 с.

**Неверова О.А.** доктор биологических наук, профессор, старший научный сотрудник института экологии человека СО РАН, тел. 8(3842)57-50-79.

**Асташев А.В.** аспирант кафедры «Товароведение и управление качеством» ГОУ ВПО КемТИПП, тел. 8(3842)39-68-56.

**Давыденко Н.И.** к.т.н., доцент кафедры «Технология и организация общественного питания» ГОУ ВПО КемТИПП, тел. 8(3842)39-68-56.