

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА БРОЖЕНИЯ СИРОПОВ ИЗ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ

В настоящее время в пищевой промышленности актуально создание высокоэффективных технологий, которые обеспечивают новый уровень производства, характеризующийся глубокой переработкой сырья, что позволяет значительно повысить рентабельность существующих производств, в частности спиртового.

Одним из путей совершенствования производства может быть использование мальтозных и глюкозных сиропов с заданным углеводным составом, полученных путем ферментативного гидролиза полисахаридов зерна кукурузы с отделением неуглеводных компонентов и использованием последних для производства широкого спектра побочных продуктов.

Применение зерновых сиропов в производстве спирта в России позволит решить ряд проблем этой отрасли, таких как обеспечение экономической безопасности спиртзаводов, повышение качества получаемого продукта, повышение технико-экономических показателей производства за счет перехода на непрерывные процессы брожения, что способствует конкурентоспособности отечественной продукции на мировом рынке.

Целью работы явилось исследование процесса брожения сиропов из кукурузы для получения этанола.

Объектом исследования служили сиропы из зерна кукурузы – глюкозный, мальтозный, глюкозо-мальтозный.

Характеристика сиропов представлена в табл. 1.

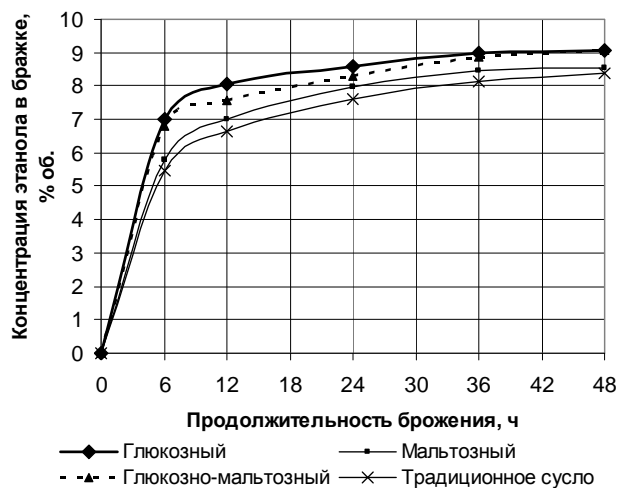
Сбраживанию подвергали сусле с содержанием сухих веществ 17%. Брожение осуществляли при температуре 28 ... 30°C дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* расы XII с концентрацией 160 млн/см<sup>3</sup>. В качестве минерального питания использовали дигидроортофосфат аммония, вносимый в количестве 20 г/м<sup>3</sup>.

С целью применения сиропов в производстве этанола изучали процесс их сбраживания. Перед сбраживанием сиропы разбавляли водой до содержания сухих веществ 17%. Показатели брожения представлены на рис. 1 – 3.

### 1. Показатели зерновых сиропов

Наименование показателя	Норма		
	Глюкозный	Мальтозный	Глюкозно-мальтозный
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	75,0		
Массовая доля редуцирующих веществ в пересчете на сухие вещества, %	90,0	86,0	96,0
Массовая доля глюкозы в пересчете на сухие вещества, %	85,5	10,3	65,6
Массовая доля мальтозы в пересчете на сухие вещества, %	2,0	72,6	25,3

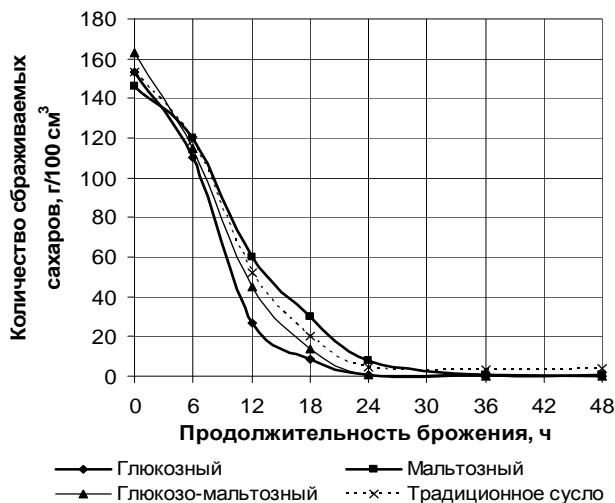
\* Работа выполнена под руководством д-ра биол. наук, проф. ВГТА О.С. Корнеевой, д-ра техн. наук, проф. ВГТА С.В. Вострикова.



**Рис. 1. Динамика накопления этанола при сбраживании сусла из сиропов и традиционного**

Наименее интенсивное накопление этанола (рис. 1) наблюдали при сбраживании мальтозного сусла, что согласуется с традиционными представлениями о сбраживании различных сахаров спиртовыми дрожжами.

Ассимиляция сахаров (рис. 2) дрожжами также происходила более интенсивно в сусле из глюкозного и глюкозно-мальтозного сиропов.



**Рис. 2. Динамика утилизации редуцирующих углеводов при сбраживании сусла из сиропов и традиционного**

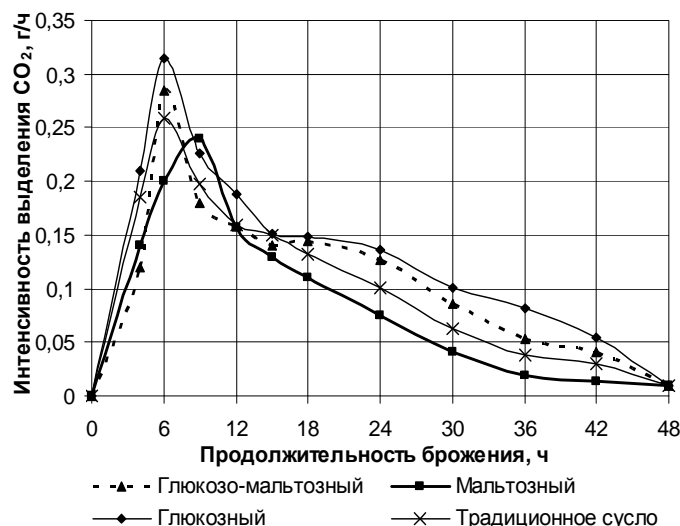


Рис. 3. Динамика интенсивности накопления углекислого газа

В литературе имеются сведения, что именно количество выделяющегося  $\text{CO}_2$  связано со скоростью обмена веществ, а следовательно, накоплением спирта и образованием побочных продуктов брожения. Кривые интенсивности накопления диоксида углерода (рис. 3) имеют выраженные максимумы, которые расположены в различных интервалах времени. Большую скорость выделения  $\text{CO}_2$  при утилизации глюкозы в сравнении с мальтозой можно объяснить тем, что она является самым легкоусвояемым и энергетически более выгодным источником углеводного питания для дрожжей.

Из таблицы 2 также видно, что лучшие технико-химические показатели наблюдали при сбраживании сусла из глюкозного сиропа, выход спирта по сравнению с традиционным суслом повышался на 3,6%.

Полученные данные свидетельствуют о том, что брожение сусла из сиропов протекает более интенсивно по сравнению с традиционным зерновым. Так, концентрация спирта в бражке во всех опытных образцах достигала максимума уже к 36 ч, а у традиционного сусла из кукурузы это происходило на 48 ч. Высокие показатели брожения сиропов, по-видимому, обусловлены удалением балластных веществ в процессе их получения, что обусловило более равномерное распределение дрожжей в объеме бродящей жидкости, большей доступностью сбраживаемых углеводов, сокращением количества растворенного углекислого газа.

В связи с предъявляемыми в настоящее время высокими требованиями к качеству спирта-ректификата исследовали концентрацию примесей в отгонах (табл. 3).

Концентрация практически всех идентифицированных метаболитов при сбраживании сиропов была ниже, чем у традиционного сусла.

Как видно из табл. 3, дрожжи более рационально ассимилировали углеводы среды, содержащей глюкозы, направленно синтезируя этанол с одновременным снижением уровня образования вторичных продуктов

## 2. Показатели брожения сусла из сиропов и традиционного

Показатели	Глюкозный	Мальтозный	Глюкозо-мальтозный	Традиционное
Концентрация спирта в бражке, % об.	9,20	8,54	9,07	8,40
Титруемая кислотность бражки, град	0,4	0,4	0,4	0,45
Несброженные углеводы в бражке, г/100 см <sup>3</sup>	0,30	0,35	0,20	0,40
Выход спирта, дал/т условного крахмала	67,6	65,5	66,9	65,2

**3. Качественные показатели бражки,  
полученной из различных видов сусла,  $\cdot 10^{-5}$ , % об.**

Сироп	Глюкозный	Мальтозный	Глюкозно-мальтозный	Традиционное сусло
Ацетальдегид	27,3	15,8	65,5	25,3
Этилацетат	20,7	24,5	12,4	52,3
Пропанол	18,4	47,0	79,0	100,6
Изобутанол	260,0	150,0	277,0	270,0
Изоамилол	415,0	525,0	360,0	756,3
Сумма	741,4	762,3	793,9	1204,2

брожения. Концентрация практически всех идентифицированных метаболитов при сбраживании полученных сиропов была ниже, чем у зернового сусла. Особенно это сказывалось на синтезе высших спиртов.

Максимальное количество каждой примеси и их суммы наблюдали в традиционной бражке.

Таким образом, за счет применения зерновых сиропов в производстве спирта могут быть решены такие проблемы этой отрасли, как повышение качества получаемого продукта, повышение технико-экономических показателей спиртового производства.