

УДК 663.54

Интенсификация брожения мелассного сула  
многократным использованием дрожжей

В УкрНИИСПе проведены исследования по ускоренному спиртовому брожению с целью изучения непрерывного процесса с многократным использованием дрожжевой биомассы.

Экспериментальная бродильная установка производительностью 500 дал спирта в сутки состоит из пяти дрожжегенераторов вместимостью 4,9 м<sup>3</sup> каждый, работающих по непрерывно-поточному методу, десяти бродильных аппаратов по 6,5 м<sup>3</sup> каждый.

В качестве контроля в производственных опытах на экспериментальной установке проведено однопоточное брожение с использованием мелассы того же состава, что и при ускоренном брожении. Перерабатываемая меласса имела следующие показатели: доброкачественность - 62,9%, сумма сбраживаемых сахаров - 52,29%, рН - 6,9.

В контроле поток мелассной рассиропки концентрацией 21-22% СВ разделялся на четыре дрожжегенератора, работавших по непрерывно-проточному методу. Зрелые производственные дрожжи по коллектору направлялись в первый аппарат бродильной батареи. Производительность бродильной установки по зрелой бражке поддерживали на уровне 20-25 м<sup>3</sup> в смену или 3 м<sup>3</sup>/ч.

В обоих вариантах брожения использовали дрожжи расы В.

Режим ускоренного брожения достигался путем постоянного возврата дрожжевой биомассы из пятого бродильного аппарата в первые и накопления в нем биомассы дрожжей в количестве 60-70 г/л среды. Распределение дрожжей в аппаратах бродильной батареи было следующим, г/л бражки:

№ 1 - 62,6	№ 3 - 46,0	№ 6 - 2,0
№ 2 - 58,0	№ 5 - 42,5	№ 9 - 2,8

Результаты исследований показали, что осуществление технологии ускоренного брожения позволяет сократить количество дрожжегенераторов. Во

время исследований работал лишь один дрожжегенератор в режиме, соответствующем регламенту, а остальное количество рассиропки (75%) направляли в головной бродильный аппарат.

Режим дрожжегенерирования при ускоренном брожении должен быть организован так, чтобы, дрожжегенератор, во-первых, питал бродильные аппараты свежей дрожжевой биомассой, во-вторых, покрывал за счет своей работы то количество дрожжей, которое выводится из процесса со зрелой бражкой, т.е. в соответствии с уравнением:

$$D_1 X_1 - DX = 0$$

где  $D_1$  - приток рассиропки на дрожжегенераторы, м<sup>3</sup>/ч;

$X_1$  - концентрация биомассы в производственных дрожжах, кг/м<sup>3</sup>;

$D$  - суммарный приток рассиропки на бродильную батарею, м<sup>3</sup>/ч;

$X$  - концентрация дрожжевой биомассы в зрелой бражке, кг/м<sup>3</sup>.

В приведенной формуле не учитывается незначительный прирост дрожжей в бродильной батарее, который намного снижается при ускоренном брожении. Для успешного ведения процесса должно соблюдаться неравенство  $D_1 X_1 \geq DX$

Подставив в неравенство значения полученных в испытании величин, получим:

$$0,78 \cdot 11,5 > 3,12 \cdot 2,8,$$

где 0,78 и 3,12 - притоки рассиропки соответственно на дрожжегенератор и бродильную батарею, м<sup>3</sup>/ч;

11,5 и 2,8 - содержание биомассы в производственных дрожжах и зрелой бражке.

Неравенство соблюдается и в указанном режиме осуществляем нормальная работа бродильной батареи по ускоренному брожению мелассного сусла.

В табл. 1 и 2 приведены результаты работы экспериментальной установки по обычной однопоточной схеме и по ускоренному брожению мелассного сусла. При ускоренном брожении возврат дрожжей на повторные циклы брожения осуществляется из бражки пятого бродильного аппарата. Этот выбор сделан на основании предыдущих исследований.

Таблица 1

*Динамика ускоренного брожения мелассного суслу (опыт)*

Показатели	Дрожже- генера- тор	Бродильные аппараты						
		1	2	3	4	5	6	7
Видимая плотность, %	14,5	9,8	7,7	7,1	6,9	6,7	6,4	6,4
Истинные сухие веще- ства, %	15,9	-	-	-	-	-	-	-
Кислотность, град.	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Температура, °C	28	31	31	30	30	30	30	29
Содержание спирта, % об.	4,4	8,02	8,30	8,32	-	8,64	8,62	8,80
Содержание биомассы, г/л	11,5	62,6	58,0	46,0	-	42,5	2,0	4,0
Необроженные сахара, г/100 мл	7,7	3,6	0,7	0,275	-	0,250	0,237	0,220
Степень сбраживания углеводов, %	41,70	72,70	94,70	97,90	-	98,10	98,20	98,30

Таблица 2

*Динамика однопроточного (контроль) и ускоренного (опыт) брожения  
мелассного суслу*

Показатели	Дрожже- генераторы	Бродильные аппараты									
		1	2	3	5	7	8	10			
Видовая плотность, %	14,5	11,0	9,2	8,3	7,1	6,8	6,6	6,5			
Истинные сухие вещества, %	15,6	-	-	-	-	-	-	9,3			
Исклотность, град.	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7			
Температура, °С	28	30	31	30	30	29	29	29			
Содержание спирта, % об.	4,4	6,0	-	7,8	8,4	8,6	-	8,8			
Содержание биомассы, г/л	17,0	23,1	-	22,5	22,0	20,8	-	21,0			
Несброженные сахара, г/100 мл	7,7	4,4	-	0,89	-	0,30	-	0,231			
степень сбраживания углеводов, %	41,70	67,00	-	93,30	-	97,30	-	98,25			

Видимая плотность бражки (см. табл. 1) становилась постоянной шестого бродильного аппарата - 6,4% СВ. Соответственно этому показателю постоянными были содержание несброженных сахаров и степень сбраживания углеводов. Фактически бражка была зрелой уже в седьмом бродильном аппарате. В контроле (см. табл. 2) наблюдалось постепенное снижение видимой плотности бражки вплоть до десятого бродильного аппарата. Биомасса дрожжей распределялась равномерно по всем аппаратам в количествах 20,8-23,1 г/л.

Ускоренное брожение мелассного сусле концентрацией 21-22% СВ при повышенном содержании биомассы дрожжей в бражках 1-5 бродильных аппаратов до 42,5-62,6 г/л среды отличается по ряду технологических показателей: видимой плотности сухих веществ, истинных сухих веществ бражки, крепости, содержанию несброженных сахаров, степени сбраживания углеводов.

Создание за счет непрерывного возврата высокого содержания биомассы в бродильной батарее увеличивает скорость образования спирта, а следовательно, степень сбраживания углеводов. В первом бродильном аппарате при ускоренном брожении содержится 8,02% об. спирта и 3,6 г/100 мл не сброженных сахаров, при этом степень сбраживания углеводов составляет 72,7%. Во втором бродильном аппарате показатель возрастает до 94,7%, а крепость бражки - до содержания несброженного сахара 0,7 г/100 мл бражки.

В шестом бродильном, аппарате, где фактически заканчивается процесс спиртообразования, содержалось 8,63% об. спирта и степень сбраживания углеводов составляла 98,2%. В первом бродильном аппарате в контроле этот показатель составлял всего 67,0%, причем в него поступали только производственные дрожжи со степенью сбраживания углеводов в дрожжегенераторах, равной 41,7%, и крепостью 4,4% об. Обращает на себя внимание накопление в бражке первого бродильного аппарата высокого содержания спирта - 8,02% об. Принимая во внимание, что в него поступало 75% от всего объема мелассной рассиропки и 1/4 производственных дрожжей, это факт указывает на значительную интенсификацию процесса брожения мелассного сусле с помощью повышенной концентрации дрожжевой биомассы, возвращаемой в первый бродильный аппарат.

В результате производственных исследований на бродильной установке Лужанского экспериментального

завода установлена возможность интенсификации процесса спиртового брожения мелассного сусла. За счет многократного использования дрожжевой биомассы и накопления высокого содержания ее в бродильной батарее (40-70 г/л значительно (на 75%) сокращается объем дрожжегенераторов.

Продолжительность ускоренного процесса брожения мелассного сусла в бродильной батарее составляла 14 ч против 24-25 ч в контроле (приток среды в батарею приблизительно одинаков). При этом в режиме ускоренного брожения работало семь аппаратов, а в контроле - все десять. Это свидетельствует об увеличении производительности (спиртосъема) бродильной аппаратуры на 30-40% по сравнению с обычной однопоточной схемой.

Л.В.Девандовский,  
А.Д.Коваленко,  
В.К.Янчевский, В.В.Рудая,  
Материал поступил 19  
февраля 1979 г.

