

Литература

1. А.Ф. Аббасов. Продовольственный рынок. Баку 2007. – 602 с.
2. Серова Е.В. Аграрная экономика, М.:ГУВШЭ, 1999. – 480 с.
3. Буздалов И.Н. Аграрная реформа в России в свете исторического и зарубежного опыта. Международный сельскохозяйственный журнал, 1993. – №1. – С.383

УДК 663.533

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОЭТАНОЛА

Т.М. Тананайко, канд. техн. наук, доцент, Д.В. Хлиманков

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии Беларуси
по продовольствию» г. Минск, Беларусь*

Л.П. Яромич

*УО «Могилевский государственный университет продовольствия»
г. Могилев, Беларусь*

В последние годы все большее внимание уделяется производству спирта из сахаросодержащего сырья и использованию его в качестве альтернативного горючего – биоэтанола. Обычный топливный этанол, представляющий собой спирт, получают ферментацией сахара, а биоэтанол – ферментацией углеводов, получаемых из возобновляемых источников сырья: сахарной свеклы, пшеницы или ячменя. При сгорании этанола выделяется в несколько раз меньше углекислого газа, чем при сгорании бензина, а углекислый газ – одна из причин парникового эффекта и глобального потепления.

В настоящее время ежегодно в мире производится 330 млн. гл спирта, при этом 60% его вырабатывается из сахаросодержащего сырья, 33% – из крахмалосодержащего и только 7% приходится на долю синтетического спирта.

Согласно расчетам специалистов, энергетическая эффективность производства спирта из сахарной свеклы, с учетом ее выращивания, составляет 173% (отношение произведенной энергии к затраченной).

К тому же, сахарная свекла является наиболее выгодным сырьем из сельскохозяйственных культур для производства спирта.

Эффективность производства спирта из различных видов сельскохозяйственного сырья представлена в таблице 1.

Из представленных данных видно, что из сахарной свеклы можно получить примерно в два раза больше спирта, чем из других сельскохозяйственных культур [1].

Производство топливного биоэтанола позволяет экономить нефтяные ресурсы, снижает загрязнение атмосферного воздуха.

Биоэтанол, как топливо нейтрален в качестве источника парниковых газов. Он обладает нулевым балансом диоксида углерода, поскольку при его производстве путем брожения и последующем сгорании выделяется столько же CO_2 , сколько до этого было связано из атмосферы использованными для его производства растениями. Содержащийся в этаноле кислород позволяет более полно сжигать углево-

дороды топлива. 10% содержания этанола в бензине позволяет сократить выхлопы аэрозольных частиц до 50%, выбросы CO – на 30% [2].

Таблица 1

Культура	Урожай, т/га	Выход спирта из 1 кг сырья, га	Общий выход спирта, кг/га
Картофель	20,0	2,2	22,0
Пшеница	4,5	4,0	15,0
Рожь, ячмень	3,6	3,4	12,0
Сахарная свекла	45,0	2,0	45,0

Целью настоящих исследований исследовать процесс сбраживания суслу, полученного из сахарной свеклы.

В задачи исследования входило:

- 1) выявление оптимального способа приготовления свекловичного суслу;
- 2) определение наиболее оптимальной дозы задачи различных ферментных препаратов;

3) выбор расы дрожжей, обладающей наилучшей бродительной активностью.

Результаты исследований позволят установить оптимальный способ приготовления суслу, рациональный способ ведения процесса брожения, а также лучшую расу дрожжей и оптимальное количество ферментных препаратов, используемых в производстве этанола, что приведет к заметному увеличению выхода спирта и накоплению в нем летучих примесей, снизить затраты на производство и получить конкурентоспособный продукт.

В начале работы были проведены исследования по определению качественных показателей сырья.

Для приготовления свекловичного суслу использовалась сахарная свекла, со следующими химическими показателями представленными в таблице 2.

Таблица 2

Показатели	Литературные данные	Экспериментальные данные
Сухие вещества, %	20-30	26
Влажность, %, не более	70-80	74
Общий азот, %	0,1-0,3	0,21
Белок, %	-	0,9
Сахароза, %	12-25	17,0
Пектиновые вещества, %	2-2,5	2,2
Клетчатка, %	0,9-1,2	1,05
Органические кислоты, %	0,47	0,42
Зольность, %, не более	0,5-0,8	0,65

Как свидетельствуют полученные экспериментальные данные, химические показатели свеклы находятся на уровне средних показателей для этой культуры.

Процесс лабораторных исследований проводили по следующим стадиям: измельченное сырье смешивалось с водой (гидро модуль 1:2), свекловичный замес

подкислялся до pH 5,0 подогревался до температуры 80 °С (контроль I) и до температуры 90 °С (контроль II) и дополнительно подвергался тепловой обработке на протяжении 70 минут.

Кроме контрольных образцов были приготовлены образцы с использованием ферментных препаратов.

Свекловичное сусло после подкисления до pH 5,0 подогревалось до температуры 55°С, задавались ферментные препараты Целлюкласт 1,5 Л (целлюлолитического действия) в количестве 0,0000052 дм³/т сырья и Пектинекс ВЕ XXL (пектолитического действия) в количестве 0,0018дм³/т сырья (дозировка ферментных препаратов осуществлялось согласно рекомендациям фирмы изготовителя). Замес выдерживался 30 минут, далее подогревался до 80°С (образец I) и до 90°С (образец II) и дополнительно подвергался тепловой обработке на протяжении 70 минут (рис. 1).

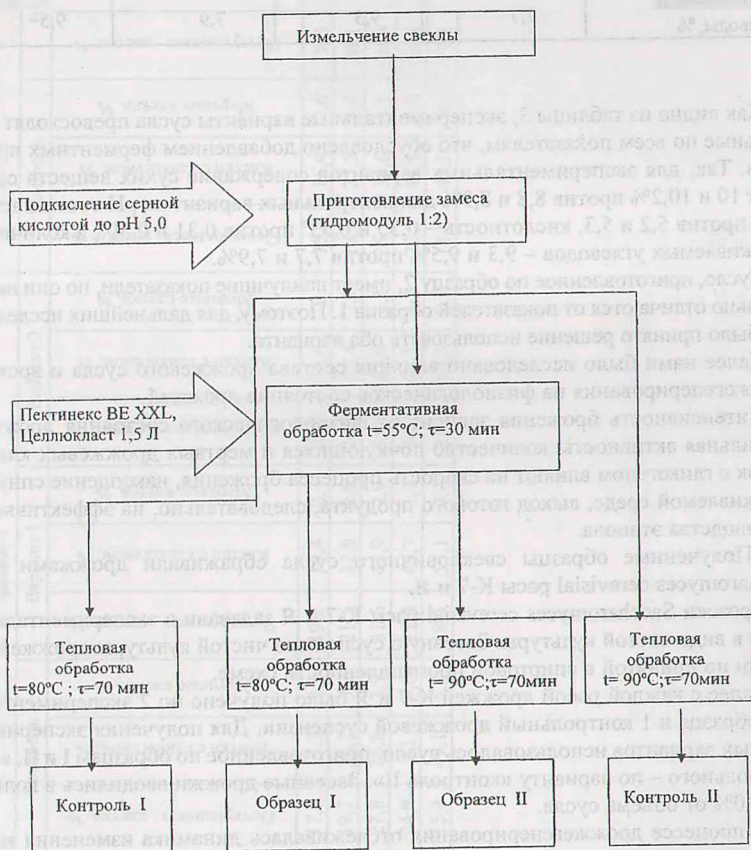


Рисунок 1 – Технологическая схема получения свекловичного сусла из сахарной свеклы

Все полученные варианты сусла были проанализированы по следующим показателям: рН, титруемая кислотность, концентрация сухих веществ, содержание сбраживаемых углеводов [3]. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3

Показатели	Контроль 1	Образец 1	Контроль 2	Образец 2
Содержание сухих веществ, %	8,8	10	8,9	10,2
рН	5,2	5,4	5,3	5,5
Кислотность, град	0,31	0,35	0,30	0,33
Сбраживаемые углеводы, %	7,7	9,3	7,9	9,5

Как видно из таблицы 3, экспериментальные варианты сусла превосходят контрольные по всем показателям, что обусловлено добавлением ферментных препаратов. Так, для экспериментальных вариантов содержание сухих веществ составляет 10 и 10,2% против 8,8 и 8,9% для контрольных вариантов, рН составляет 5,4 и 5,5 против 5,2 и 5,3, кислотность – 0,35 и 0,33° против 0,31 и 0,30°, а количество сбраживаемых углеводов – 9,3 и 9,5% против 7,7 и 7,9%.

Сусло, приготовленное по образцу 2, имеет наилучшие показатели, но они незначительно отличаются от показателей образца 1. Поэтому, для дальнейших исследований было принято решение использовать оба варианта.

Далее нами было исследовано влияния состава дрожжевого сусла и времени дрожжегенерирования на физиологическое состояние дрожжей.

Интенсивность брожения зависит от физиологического состояния дрожжей. Бродильная активность, количество почкующихся и мертвых дрожжевых клеток, клеток с гликогеном влияют на скорость процесса брожения, накопление спирта в сбраживаемой среде, выход готового продукта, следовательно, на эффективность производства этанола.

Полученные образцы свекловичного сусла сбраживали дрожжами рода *Saccharomyces cerevisial* расы К-7 и Я.

Дрожжи *Saccharomyces cerevisial* расы К-7 и Я задавали в экспериментальное сусло в виде чистой культуры. Засевную суспензию чистой культуры дрожжей получали по принятой в спиртовой промышленности схеме.

Далее с каждой расой дрожжей К-7 и Я было получено по 2 экспериментальных образца и 1 контрольный дрожжевой суспензии. Для получения экспериментальных вариантов использовалось сусло, приготовленное по образцам I и II, а для контрольного – по варианту «контроль II». Засевные дрожжи вводились в количестве 10% от объема сусла.

В процессе дрожжегенерирования отслеживалась динамика изменения количества почкующихся клеток, клеток с гликогеном и мертвых клеток.

Результаты исследований представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Микробиологические показатели засевных дрожжей

Продолжительность дрожжевого размножения, час	раса К-7									раса Я								
	Контроль			Вариант 1			Вариант 2			Контроль			Вариант 1			Вариант 2		
	Почкующиеся клетки, %	Клетки с гликоеном, %	Мертвые клетки, %	Почкующиеся клетки, %	Клетки с гликоеном, %	Мертвые клетки, %	Почкующиеся клетки, %	Клетки с гликоеном, %	Мертвые клетки, %	Почкующиеся клетки, %	Клетки с гликоеном, %	Мертвые клетки, %	Почкующиеся клетки, %	Клетки с гликоеном, %	Мертвые клетки, %	Почкующиеся клетки, %	Клетки с гликоеном, %	Мертвые клетки, %
4	17,3	17,3	2,5	19,2	19,4	2,3	22,5	22,6	2	16,4	16,4	2,6	18,3	18,2	2,4	21,7	21,6	2,1
8	19,7	28,2	3,7	21,5	32,8	2,6	24,6	36,4	2,1	18,8	27,3	3,8	20,1	31,3	2,7	23,3	35,5	2,3
12	27,8	36,8	3,9	31,6	41,9	2,9	35,9	47,8	2,1	26,2	35,6	4,1	29,9	40,5	3	34	46,2	2,3
18	24,9	42	4,6	27,4	46,7	3,7	30,3	54,5	2,1	22,2	41,8	4,7	26,6	45,4	3,9	29,2	53,7	2,3
24	15,4	49,1	5,8	18,3	57,1	4,2	21,1	64,3	2,7	14,5	48,5	6	17,5	55,8	4,3	20,6	63,3	2,8

Как следует из анализа результатов проведенного исследования, при использовании экспериментальных вариантов сусла в процессе дрожжегенерирования, физиологическое состояние засевных дрожжей улучшается в большей степени в варианте № 2 (раса К-7).

Далее нами было исследовано сбраживание свекловичного сусла.

В данных исследованиях состав экспериментального сусла зависел от образцов его получения (образцы I и II).

В качестве контроля использовалось сусло, приготовленное без внесения ферментных препаратов.

Для сбраживания применялись спиртовые дрожжи рода *Saccharomyces cerevisial* расы К-7 и Я.

Дрожжевая суспензия вносилась в экспериментальное сусло в количестве 10 млн. клеток на 1 см³ суспензии. Брожение проводилось при температуре 27-28°C в течение 72 часов.

Результаты влияния состава сусла и расы дрожжей на интенсивность сбраживания сусла представлены в таблице 4. Бродильная активность контролировалась по убыли CO₂ в г/100 г сусла. Количество CO₂, выделившегося при сбраживании дрожжами расы К-7 и Я, в пересчете на 100 г сусла представлено в таблице 5.

Таблица 5

Время сбраживания, час	Контроль 1 (раса К-7)	Образец 1 (раса К-7)	Контроль 2 (раса К-7)	Образец 2 (раса К-7)	Контроль 1 (раса Я)	Образец 1 (раса Я)	Контроль 2 (раса Я)	Образец 2 (раса Я)
	Кол-во CO ₂ , г/100 г сусла	Кол-во CO ₂ , г/100 г сусла	Кол-во CO ₂ , г/100 г сусла	Кол-во CO ₂ , г/100 г сусла	Кол-во CO ₂ , г/100 г сусла	Кол-во CO ₂ , г/100 г сусла	Кол-во CO ₂ , г/100 г сусла	Кол-во CO ₂ , г/100 г сусла
12	0,99	2,96	1,11	4,14	0,302	0,533	0,38	0,989
24	2,83	3,82	3,16	5,68	1,012	2,433	1,58	3,369
36	3,09	3,913	3,66	5,86	2,332	3,083	3,28	4,467
48	3,133	3,988	3,758	5,955	2,602	3,313	3,57	4,987
60	3,174	4,061	3,846	6,046	2,648	3,35	3,635	5,056
72	3,212	4,115	3,915	6,124	2,681	3,381	3,684	5,11

Установлено, что применение ферментных препаратов интенсифицирует процесс сбраживания. Значительная разница выделения CO₂ в контрольных и опытных вариантах наблюдается на всем протяжении процесса.

Отмечено также, что динамика выделения CO₂ при сбраживании сусла обеими расами дрожжей имеет тот же характер.

В результате брожения свекловичного сусла с использованием дрожжей расы К-7 и Я были получены контрольные и экспериментальные варианты зрелых бражек, качественные показатели которых представлены в таблице 6.

Таблица 6

Раса дрожжей	Образец сусла	Показатели			
		Концентрация спирта в бражке, об.%	Кислотность бражки при брожении, °Д	pH	Массовая концентрация несброженных углеводов, г/100см ³
К-7	Контроль 1	7,7	0,41	4,15	0,38
	Образец 1	8,03	0,46	4,0	0,34
	Контроль 2	7,9	0,43	4,08	0,35
	Образец 2	8,1	0,48	3,9	0,32
Я	Контроль 1	7,0	0,49	3,79	0,49
	Образец 1	7,45	0,53	3,7	0,46
	Контроль 2	7,39	0,51	3,75	0,47
	Образец 2	7,6	0,56	3,65	0,42

Установлено, что концентрация этилового спирта в дистилляте зависит от:

- расы используемых дрожжей;
- вида ферментного препарата;
- состава свекловичного сусла.

Максимальный выход спирта обнаружен в пробах бражки, полученных с использованием дрожжей расы К-7. Так, для контрольных вариантов выход спирта составил 7,7 и 7,9 об.% против 7,0 и 7,39 об.% для дрожжей расы Я. В экспериментальных вариантах с использованием дрожжей расы К-7 выход спирта составил 8,03 и 8,1 об.%, а с использованием дрожжей расы Я – 7,45 и 7,6 об.%.

Таким образом, концентрация спирта в экспериментальных вариантах выше, чем в контрольных и наибольшее количество спирта – 8,1 об.% обнаружено в варианте №2 (раса К-7).

Минимальное количество несброженных углеводов было отмечено в пробах бражки с использованием дрожжей расы К-7. Так, для контрольных вариантов содержание несброженных углеводов составило 0,38 и 0,35 г/100 см³ против 0,49 и 0,47 г/100 см³ для дрожжей расы Я. В экспериментальных вариантах с использованием дрожжей расы К-7 содержание несброженных углеводов составило 0,34 и 0,32 г/100 см³, в то время как с использованием дрожжей расы Я – 0,46 и 0,42 г/100 см³.

Из этого следует, что в экспериментальных вариантах содержание несброженных углеводов меньше по сравнению с контролем и минимальное их количество – 0,32 г/100 см³ отмечено в варианте №2 (раса К-7).

Показатели титруемой кислотности в пробах бражки, полученных с использованием дрожжей расы К-7 и Я, находятся на уровне допустимых значений (не более 0,5-0,6 °Д). Однако значения титруемой кислотности в пробах бражки с использованием дрожжей расы Я немного выше значений – с использованием дрожжей расы

К-7. Так, для контрольных вариантов показатели титруемой кислотности составили 0,49 и 0,51°Д против 0,41 и 0,43°Д для дрожжей расы К-7. В экспериментальных вариантах с использованием дрожжей расы Я показатели титруемой кислотности составили 0,53 и 0,56 °Д, а с использованием дрожжей расы К-7 – 0,46 и 0,48 °Д.

Следовательно, в экспериментальных вариантах показатели титруемой кислотности выше, чем в контрольных и максимальное значение – 0,56 °Д наблюдается в варианте №2 (раса Я).

Из всего выше сказанного следует, что бражка, полученная по образцу 2 с использованием дрожжей расы К-7, имеет наилучшие показатели.

В ходе эксперимента был проведен анализ зрелой бражки по содержанию летучих веществ

Эффективность стадии сбраживания свекловичного суслу определяется не только накоплением конечного продукта – этилового спирта, но и количеством образующихся побочных продуктов, сопутствующих процессу сбраживания. При получении этилового спирта стремятся к максимальному его выходу и минимуму суммы примесей, что неприемлемо в данной работе. Известно, что топливный этанол в отличие от этилового спирта, из которого производят алкогольную продукцию, не содержит воды и производится методом ускоренной дистилляции, вследствие чего содержит метанол и сивушные масла. Однако нет прямой корреляционной зависимости между выходом этанола и содержанием в бражке основных летучих компонентов. Также установлено, что примеси, в основном, накапливаются в ходе спиртового брожения и являются продуктами метаболизма дрожжевых клеток [4].

Содержание летучих примесей в бражке, зависит от ряда факторов, но преобладающее значение имеет раса используемых дрожжей и состав суслу.

Ранее установлено, что экспериментальные варианты зрелых бражек с использованием дрожжей расы К-7 и Я имеют лучшие показатели по сравнению с контрольными (таблица 9). Поэтому для сравнительного анализа с целью выявления зависимости между содержанием примесей, расой дрожжей и составом суслу были предложены данные варианты.

Результаты содержания летучих примесей в экспериментальных вариантах зрелой бражки представлены в таблице 7.

Таблица 7

Летучие примеси, мг/дм ³ безводного спирта	Раса К-7		Раса Я	
	Образец 1	Образец 2	Образец 1	Образец 2
Ацетальдегид	202,8	76,2	62,9	94,4
Метилацетат	0,59	0,96	-	1,7
Этилацетат	82,2	4,49	651,6	1,96
Σ эфиров	285,6	81,7	714,5	98,1
Метанол (об.%)	0,011	0,050	0,015	0,042
Изопропанол	-	-	-	-
1-пропанол	15,87	72,4	-	27,6
Изобутанол	4,72	69,0	2,73	42,4
1-бутанол	-	-	-	-
Изоамилол	12,8	93,9	6,57	59,0
Г сивушных масел	33,4	235,3	9,3	129

Из таблицы 7 видно, что наибольшее количество метанола и сивушного масла (компоненты биотоплива), содержит бражка, полученная по образцу 2 с использованием дрожжей расы К-7.

Из проведенного анализа можно сделать вывод, что наибольшее количество примесей и этилового спирта содержит бражка, полученная по образцу 2 с использованием дрожжей расы К-7.

Литература

1. Kunterova L. Vyuziti cukrovki k vyrobe bioetanolu/Listy cukrovarnicke a pivarske. – 1997. – № 2. – S.47–49.
2. Копейкина В.А. Биозтанол – современное топливо, топливо будущего [Электрон. ресурс] – 28 мая 2008. – Режим доступа: <http://www.nigma.ru>
3. Рухляева А.П. Технохимический контроль спиртового производства. -М.; Пищевая промышленность. – 1974. – 355 с.
4. Технология спирта: Учебник / Под ред. В.А. Смирнова. – М.: «Пищевая промышленность» – 1967. – 452 с.

Аннотация

Целью проводимой работы являлось приготовление оптимального способа сусла, применение ферментных препаратов целлюлолитического и пектолитического действий и выбор расы дрожжей для получения максимального количества летучих веществ.

По полученным данным были определены качественные показатели сусла, исследовано влияние состава дрожжевого сусла и времени дрожжегенерирования на физиологическое состояние дрожжей. Как следует из анализа результатов проведенного исследования, при использовании экспериментальных вариантов сусла в процессе дрожжегенерирования, физиологическое состояние засеваемых дрожжей улучшается в образце № 2 (раса К-7).

Было установлено, что применение ферментных препаратов интенсифицирует процесс сбраживания. Значительная разница выделения CO_2 в контрольных и опытных вариантах наблюдалась на всем протяжении процесса. Из исследованных спиртовых дрожжей интенсивнее сбраживает сусло из сахарной свеклы раса К-7, внесенная в среду в виде чистой культуры. Продолжительность брожения сусла при использовании ферментных препаратов снижается и составляет – 48-60 часов при и температуре брожения 27-28°C. В экспериментальных пробах увеличивается содержание этилового спирта и количество летучих примесей (метанола и сивушного масла), что позволяет получить больше биоэтанола при абсолютизации этилового спирта.

Summary

The purpose of spent work was preparation of an optimum way of a mash, application of fermentable preparations cellulose and pectin actions and a choice of race yeast for reception of a maximum quantity of flying substances.

On spent research had been defined mash quality indicators, influence of structure of a barmy mash and time generation yeast on a physiological condition of yeast is investigated. As follows from the analysis of results of the carried out research, at use of experimental variants of a mash in process generation yeast, the physiological condition засеваемых yeast improves in the sample № 2 (race K-7).

It has been established, that application of fermentable preparations intensifies process fermentation. The considerable difference of allocation CO₂ in control and skilled variants was observed on all extent of process. From the investigated spirit yeast more intensively fermentation a mash from a sugar beet race K-7 brought on Wednesday in the form of pure culture. Duration of fermentation of a mash at use of fermentable preparations decreases and makes – 48-60 hours at and fermentation temperature 27-28°C. In experimental tests the maintenance of ethyl spirit and quantity of flying impurity (methyl spirit and fusel oil) increases, that allows to receive more bioethanol at absolutization of ethyl spirit.

УДК 663.41: 546.23

ПОВЫШЕНИЕ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ ПИВА

*Т.М. Тананайко, кандидат технических наук, доцент, О.Д. Косцова
РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по продовольствию»*

Проблематика здорового питания привлекает все большее внимание населения. В последние годы потребители при выборе руководствуются не только вкусовыми качествами продуктов, но и их полезными свойствами. Поэтому все более актуальным становится взгляд на пиво с точки зрения его влияния на здоровье потребителей. Это особенно важно в нашей стране, где в последние 5 лет среднестатистическое потребление пива возросло более чем в 2 раза.

Наиболее подходящим критерием оценки влияния пива на здоровье человека является его пищевая ценность.

Под *пищевой ценностью* понимается комплекс потребительских свойств, включающих энергетическую, биологическую, физиологическую ценность и органолептические качества, а также усвояемость и безопасность [1].

Известно, что пищевая ценность определяется химическим составом продукта. Таким образом, для оценки пищевой ценности пива необходимо подробно рассмотреть его химический состав.

Состав пива очень сложен и может изменяться в зависимости от сорта, состава сырья и технологии производства. Обобщенно химический состав пива представлен на рисунке 1 [2,3].

Основными компонентами пива являются вода, этиловый спирт, углекислый газ и экстрактивные вещества. Очевидно, что пиво обладает высокой энергетической ценностью, благодаря входящим состав экстракта углеводам, азотистым веществам, глицерину, органическим кислотам. Значительную часть энергетической ценности пива обеспечивает этанол (до 60% калорийности).

Наличие аминокислот определяет биологическую ценность пива. В пиве обнаружено более 20 аминокислот. В основном они представлены пролином, α-аминомасляной кислотой, р-аланином, фенилаланином, тирозином и валином [2,3].