

Авторефер

1 36

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ УССР  
ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

---

Для служебного пользования

Экз. №

12 (14)

З.В.ЛЕВИНА

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ ОТХОДОВ  
ПРОИЗВОДСТВА КАПРОЛАКТАМА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ  
КОРМОВЫХ ДРОЖЖЕЙ

(Специальность 349 - Технология специальных  
производств)

А в т о р е ф е р а т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Одесса - 1971

Автореферат  
Л

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ УССР  
ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

---

Для служебного пользования

Экз. № 14

З.В.ЛЕВИНА

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ ОТХОДОВ  
ПРОИЗВОДСТВА КАПРОЛАКТАМА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ  
КОРМОВЫХ ДРОЖЖЕЙ

(Специальность 349 - Технология специальных  
производств)

А в т о р е ф е р а т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

✓ 014840

Одесса - 1971

гсч 3336

~~Одесский технологический  
институт пищевой промыш-  
ленности им. М. В. Ломоносова~~

Работа выполнена на кафедре органической химии Одесского технологического института пищевой промышленности имени М.В.Ломоносова и в лаборатории микробиологии Всесоюзного научно-исследовательского института биосинтеза белковых веществ „ВНИИсинтезбелок“.

Научные руководители:

доктор химических наук, профессор М.С.Дудкин,  
кандидат биологических наук, доцент С.З.Хаит

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор А.Т.Марх,  
кандидат биологических наук Н.Б.Градова.

Автореферат разослан „\_\_\_“ \_\_\_\_\_ 1971г.

Защита диссертации состоится „\_\_\_“ \_\_\_\_\_ 1971г.

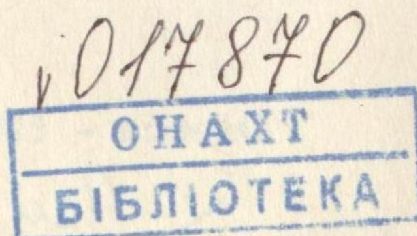
на заседании Совета Одесского технологического института пищевой промышленности имени М.В.Ломоносова.

Просим Ваши отзывы в двух экземплярах направлять по адресу: г.Одесса ГСП-510, ул.Свердлова, 112, Технологический институт пищевой промышленности имени М.В.Ломоносова.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Л.А.ЗАПОРОЖЕЦ

*Лашук*



## В В Е Д Е Н И Е

Директивами XXIV съезда КПСС в новой пятилетке предусмотрено значительное расширение производства кормовых дрожжей. Это обусловлено необходимостью быстрее устранить недостатка белка и витаминов в кормовых рационах животноводства и птицеводства в нашей стране.

Дрожжи вводят в качестве обязательной составной части комбикорма. По новому пятилетнему плану потребность комбикормовой промышленности и строящихся межколхозных заводов в дрожжах резко возрастет.

Значение кормовых дрожжей объясняется их питательной ценностью: большим содержанием полноценного белка, витаминов группы В и ряда других компонентов.

В целях увеличения производства кормовых дрожжей очевидна целесообразность поиска новых видов сырья и изучение научных основ их использования.

В настоящее время основным сырьем для получения дрожжей являются моносахариды гидролизатов из отходов сельского хозяйства или сульфитных щелоков после варки древесины. Используются для этой цели и отходы пищевой промышленности. В Советском Союзе разработана технология и осуществляется производство дрожжей на средах с углеводородами нефти и природного газа.

Всесторонний интерес представляет изучение возможности выращивания дрожжей на основе отходов химической промышленности, содержащих органические кислоты, спирты, фенолы и другие органические соединения.

Использование отходов химической промышленности позволит не только расширить сырьевую базу для получения дрожжей, но и повысит степень очистки стоков химических предприятий и снизит загрязненность водоемов.

Одной из бурно развивающихся отраслей химической промышленности является производство синтетических волокон, и в частности капрона. При получении капролактама-мономера для синтеза поликапролактама, путем окисления циклогексана кислородом воздуха, образуется значительное количество отходов: щелочного и водного слоя, содержащих моно- и ди-карбоновые кислоты, алициклические соединения. Количество

органических веществ в стоках заводов, производящих капролактамы, достаточно для промышленной переработки и может служить базой для строительства цехов по получению кормовых дрожжей.

Целью нашей работы, начатой в 1964 году, явилось установление возможности использования отходов производства капролактама для выращивания кормовых дрожжей и разработка научных основ этого процесса.

Планом работы предусмотрено изучение химического состава отходов, подбор активных штаммов дрожжей, использующих карбоновые кислоты отходов в качестве единственного источника углерода; исследование специфики развития дрожжевых культур на средах, содержащих двухосновные кислоты, определение оптимальных условий культивирования дрожжей при развитии их на отдельных кислотах и отходах а также характеристика полученной биомассы. На основании полученных данных предложена схема переработки отходов на кормовые дрожжи и проведены ориентировочные экономические расчеты.

При выполнении работы использованы классические, современные химические, физико-химические, биохимические и биологические методы исследований.

Диссертация состоит из введения, обзора литературы, пяти глав экспериментальных исследований, выводов, списка использованной литературы. Общий объем основного текста 148 страниц машинописного текста, приложений - 40 страниц, 21 рисунок и 35 таблиц.

### 1. Определение возможности использования отходов производства капролактама для получения кормовых дрожжей

Исследовали химический состав отходов цеха окисления производства капролактама Щекинского (ЩХК) и Лисинчанского (ЛХК) химкомбинатов.

Результаты анализа щелочного стока и водного слоя приведены в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав отходов производства капролактама  
( в весовых %)

Компоненты	Лисичанский химкомбинат		Щекинский химкомбинат	
	водный слой	щелочной сток	водный слой	щелочной сток
1. Монокарбоновые кислоты	9,61	-	8,50	-
2. Дикарбоновые кислоты	16,60	-	12,12	-
щавелевая	0,21		н/оп	-
янтарная	0,47		-"-	-
глутаровая	4,48		-"-	-
адипиновая	7,04		-"-	-
оксикислоты	4,24		-"-	-
3. Соли монокарбо- новых кислот	-	7,3	-	6,63
4. Соли дикарбоновых кислот	-	14,60	-	7,97
5. Циклогексанон	0,16	0,0008	0,006	0,01
6. Циклогексанол	2,46	0,66	1,90	0,83
7. Циклогексан	1,27	0,021	1,62	0,31
8. Сложные эфиры	2,77	-	1,08	0,14
9. Непредельные соединения	1,88	5,84	1,09	1,32
10. Альдегиды	0,06	0,06	0,32	0,004
11. Смолистые веще- ства	1,37	1,82	1,16	1,66
12. Влага	60,0	70,0	65,0	74,0
13. ХПК	640 г/л	307 г/л	-	-

Отходы: щелочной сток и водный слой после смешива-  
ния в соотношении 3:1 подвергали очистке с помощью серной  
кислоты по методу, разработанному в лаборатории кафедр -  
ры органической химии ОТИПП.

Результаты анализа очищенной смеси стоков представ-  
лены в таблице 2.

Таблица 2

Химический состав очищенной смеси стоков  
( в весовых % )

№№ п. п.	Компоненты	ЛХК		ЩХК	
		очищен- ный	очищен - ный с от- гонкой	очищен- ный	очищен- ный с отгонкой
1.	Дикарбоновые кисло- ты:	3,71	5,33	6,53	7,75
	янтарная	0,12	0,23	1,04	1,24
	глутаровая	0,38	0,55	1,73	1,58
	адипиновая	3,11	4,12	3,50	4,15
	оксикислоты	0,10	0,43	0,28	0,78
2.	Монокарбоновые кис- лоты:	3,89	-	5,02	-
	муравьиная	2,25	-	2,12	-
	уксусная	0,68	следы	0,84	-
	пропионовая	0,19	-	1,18	следы
	валерьяновая	0,77	-	-	-
	масляная	следы	-	0,88	следы
	капроновая	следы	-	-	-
3.	Циклогексанол	0,147	0,025	0,19	0,046
4.	Циклогексанон	нет	-	0,084	нет
5.	Смолистые вещества	0,61	0,27	0,53	0,36
6.	ХПК	-	135 г/л	180 г/л	138 г/л

Изучение химического состава смолы (табл.3) выделенной из отхода в результате очистки, показало наличие в ней двойных связей, большого числа карбонильных, гидроксильных и сложноэфирных групп, что говорит о содержании в смоле смеси полимеров типа полиэтиленовых и циклогексановых, а также полиэфиров.

Таблица 3

## Свойства смолы, выделенной из отхода

№№ п. п.	Показатели	Значение
1	2	3
1.	Температура размягчения	70°
2.	Удельный вес	0,92 г/см <sup>3</sup>

1	2	3
3. Зольность		0,39 %
4. В л а г а		3,65 %
5. Растворимость		в спирте, ацетоне, ук - сусной к-те, пиридине, этилацетате-хорошо
6. Молекулярный вес		8000-11690 (в ацетоне) 10000-14400 ( в этил. спирте)
7. Кислотное число		80
8. Эфирное число		185
9. Число омыления		265
10. Иодное число		23
11. Ацетильное число		114
12. Гидроксильное число		11,3
13. Карбонильные группы		30,4

Учитывая возможность применения отходов для микро-биологической переработки, в золе отхода определяли содержание зольных элементов спектральным методом с помощью спектрофотометра - ИСП-30. Определение показало присутствие магния, натрия, кремния, железа, алюминия, меди, марганца, никеля, кальция, титана, бора, олова, свинца, ванадия и калия. На основании анализов химического состава можно полагать, что очищенные стоки могут служить питательной средой для микроорганизмов, и в частности для дрожжей. С целью рекомендации наиболее оптимального метода очистки стоков, дрожжи выращивали на отходах разной степени очистки; неочищенном, очищенном и очищенном с отгонкой летучих компонентов, при различной концентрации кислот в среде. Выращивание двух штаммов дрожжей рода *Candida* показало, что лучший рост наблюдался на отходах очищенных и лишенных летучих соединений (рис.1).

Определение влияния добавок смолы, циклогексанола, циклогексанона и монокарбоновых кислот при выращивании дрожжей на синтетической среде с глюкозой, показало, что угнетающее действие на рост дрожжей оказывают циклогексанон и капроновая кислота при концентрации их в среде 0,1%.

Рост дрожжей на отходах разной степени очистки при раз-  
личной концентрации кислот.

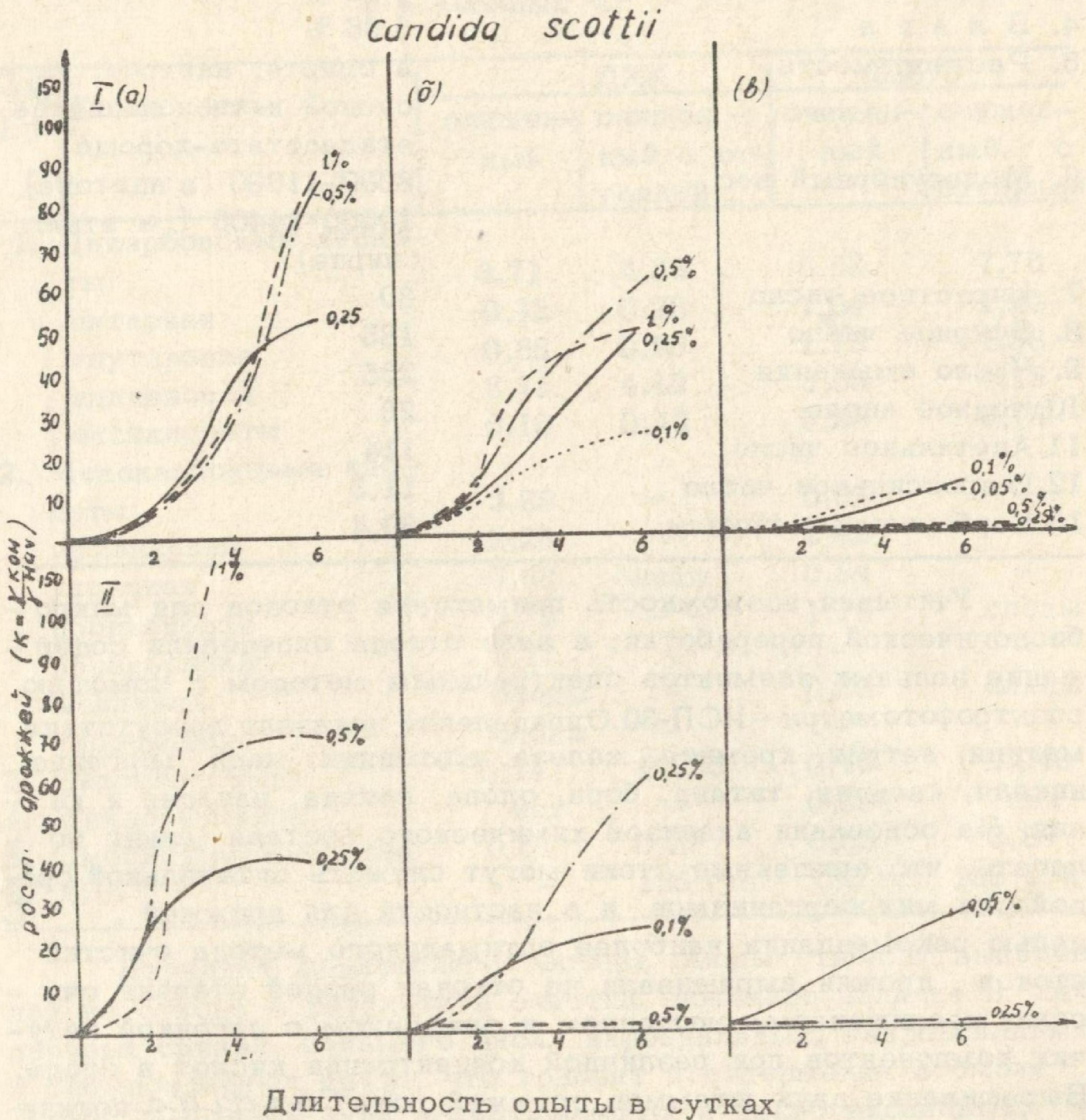


Рис. 1.

1 - отход Лисичанского химкомбината, II - отход Шекинского -  
го химкомбината:

а) очищенный, с отгонкой летучих соединений; б) очищенный,  
в) неочищенный .

На основании данных химического состава стоков и определения влияния отдельных элементов на рост дрожжей, определены следующие допустимые величины веществ в питательной среде:

циклогексанол	до 0,1 %	циклогексанон	до 0,01%
масляная кислота	до 0,05%	валерьяновая к-та	до 0,02%
капроновая кислота	до 0,01%	сумма монокарбонов. к-т	до 0,2%
сумма дикарбоновых кислот	до 1%	непредельные соедин.	до 0,04%
сложные эфиры	до 0,02%	альдегиды	до 0,01%
смолистые вещества	до 0,1%.		

Учитывая, что состав стоков не стабилен, необходимо при подаче их на выращивание, определять допустимые концентрации отдельных соединений и в случае содержания их в количествах больших, чем допустимые, производить необходимую дополнительную очистку.

## 11. Селекция дрожжевых организмов, способных использовать карбоновые кислоты отходов производства капролактама

### 2.1. Выделение из природных источников дрожжей и их характеристика .

Дрожжи, способные использовать ряд карбоновых кислот: (масляную, валерьяновую, капроновую, янтарную, глутаровую, адипиновую) – подбирали среди штаммов выделенных из природных источников: активного ила, почвы, овощей и водорослей;

среди производственных штаммов дрожжей гидролизных и сульфитно-спиртовых заводов, а также среди штаммов Всесоюзной коллекции микроорганизмов АН СССР (ВКМ).

Выделение дрожжей проводили методом накопительных культур с последующим рассевом на чашки Петри с суслоагаром, со средой Чапека и агаризованной средой Ридер, со держащей смесь указанных кислот в качестве источника углерода. В работе представлена морфологическая характеристика выделенных штаммов.

Способность усваивать индивидуальные карбоновые кислоты изучали при выращивании на минеральной среде Ридер с добавлением 1% автолизата из пекарских дрожжей. Карбо -

новые кислоты добавляли из расчета 0,5-1 г/л. Об активности роста судили по увеличению мутности (на ФЭКН-57, со светофильтром № 10, кюветы на 1,00 мм), и выражали коэффициентом роста  $K = \frac{y_{\text{конечная}}}{y_{\text{начальная}}}$ , где  $y$  - оптическая плотность. Чистоту культур определяли путем микроскопирования и рассева на чашках Петри.

Из природных источников был выделен 41 штамм дрожжей; в том числе, из активного ила очистных сооружений Щекинского химкомбината - 15, из почв бензоколонки - 8, почвы виноградника - 7, из смыва с водоросли филофоры - 3. С производства было получено 19 культур дрожжей рода *Candida*, и из коллекции АН СССР и других - 39.

В результате исследования возможности роста отобранных штаммов дрожжей на индивидуальных кислотах было установлено, что из 41 культуры выделенных из естественных источников, 40 хорошо росли на янтарной кислоте:  $K = 2-7$  для 14 культур;  $K=10-20$  - для 7 культур и  $K$  выше 20 - для 19 культур. На масляной росли 15 культур ( $K=2-42$ ), на валерьяной - 10 ( $K=6-25$ ), на капроновой - 4 ( $K=2-18$ ).

Проверка производственных и коллекционных штаммов также показала, что лучший рост наблюдается на янтарной кислоте, несколько хуже - на масляной, валерьяновой и капроновой. На адипиновой и глутаровой - практически роста не наблюдалось за исключением производственного штамма *C. species* (СД-10).

Следовательно, исследованные кислоты в различной степени усваиваются в качестве источника углерода отдельными видами дрожжей.

Наиболее легко усваивается янтарная кислота. Из 98 проверенных штаммов только 9 оказались неспособными расти за счет усвоения этой кислоты. Легкая усваиваемость янтарной кислоты, вероятно, объясняется тем, что она широко распространена как продукт жизнедеятельности растений и микроорганизмов. Две другие дикарбоновые кислоты, адипиновая и глутаровая труднодоступны для большинства проверенных штаммов дрожжей. Монокарбоновые кислоты оказались более доступными в качестве единственного источника углерода.

Сравнивая активность роста у производственных, музейных и выделенных из природных субстратов культур дрожжей установлено, что культуры выделенные из естественных субстратов наиболее активно развиваются на средах с органическими кислотами. Выявлено, что в процессе адаптации активность развития дрожжей на средах с кислотами повышается. Адаптацию проводили путем посева дрожжей на питательные среды с возрастающей концентрацией кислот и отбора наиболее быстрорастущих колоний.

## 2.2. Определение систематического положения.

Для некоторых выделенных культур, наиболее активно усваивающих кислоты, изучены их физиолого-биохимические свойства с целью определения их систематического положения.

Результаты определения показали, что среди отобранных культур четыре штамма относятся к роду *Candida*: а именно: штамм № 1 - *C. scottii*, № 6 - *C. quilliermondii*, № 8 - *C. humicola*, 5-6 - *C. tropicalis* и один - к роду *Trichosporon*, *Trichosporon sexicellum*.

В результате дальнейших исследований были отобраны три наиболее активных штамма: *C. scottii*, *C. species*, *C. hum.*, которые и использовали в последующих опытах.

## III. Исследование специфики развития дрожжевых культур на средах, содержащих двухосновные кислоты.

### 3.1. Определение окисления двухосновных кислот дрожжами.

Определение активности потребления кислорода при окислении янтарной, глутаровой и адипиновой кислот проводили для трех дрожжевых культур: *C. scottii*, *C. species* и *C. humicola* в аппарате Варбурга по общепринятой методике.

Результаты определения показаны на графиках (рис.2).

Проведенные опыты показали, что: окисление янтарной кислоты происходит быстрее, чем адипиновой, а окисление адипиновой - быстрее, чем глутаровой;

из исследованных трех культур, *C. scottii*, *C. species* обладают наибольшей окислительной активностью, по сравнению с *C. humicola*.

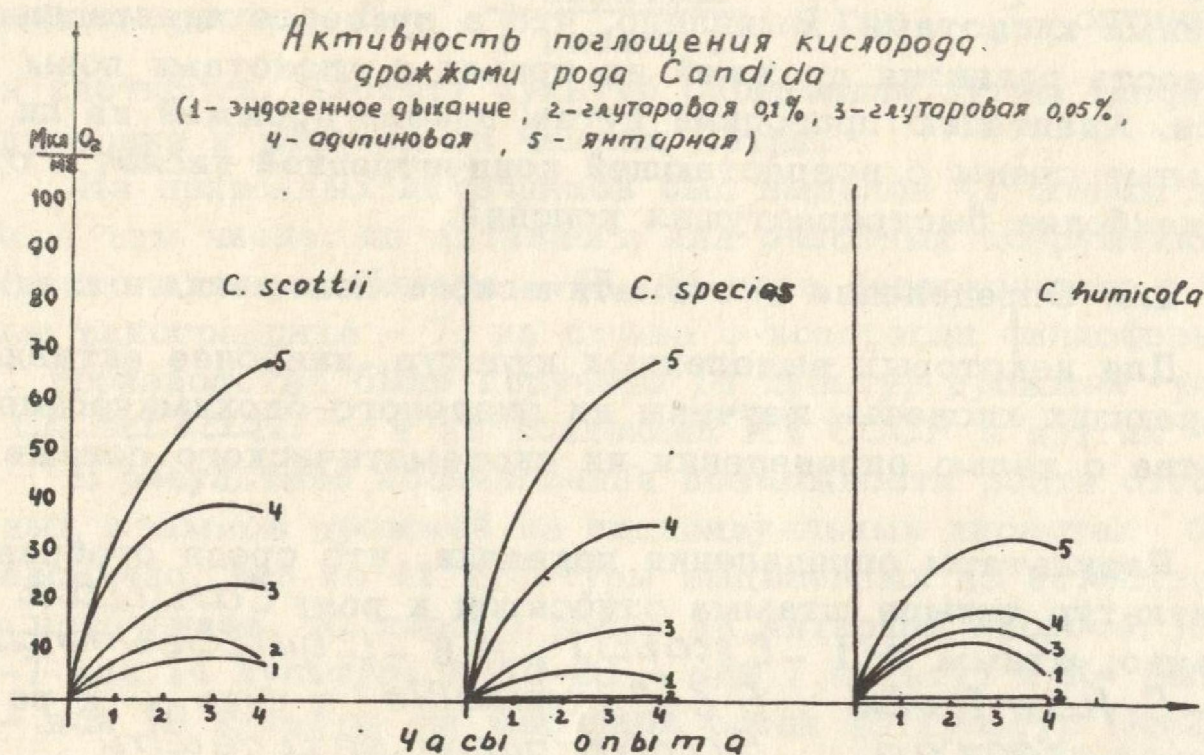


Рис.2.

### 3.2. Изучение оптимальных условий культивирования трех штаммов дрожжей на индивидуальных кислотах.

Для разработки технологии производства дрожжей необходимо определение оптимальных условий их культивирования: величины рН, концентрации питательных веществ, интенсивности аэрации. Исследования проводили, выращивая дрожжи на индивидуальных кислотах.

#### 3.2.1. Влияние начальной величины рН.

Исходя из того, что дрожжи обычно лучше развиваются на слабокислых средах, выращивание вели при рН=4,0; 5,0; 6,0; 7,0.

На рис.3 показан рост дрожжей *C. scottii* и *C. species* на различных источниках углерода при разных величинах рН. Лучший рост для обеих культур наблюдается при рН=4,0 на янтарной кислоте, глутаровой, адипиновой и смеси трех кислот.

Несколько хуже был рост при  $pH=5,0$ . При  $pH=6,0$  и  $7,0$  дрожжи не развивались на средах содержащих адипиновую, глутаровую и смесь трех кислот, а на среде с янтарной кислотой отмечался слабый рост. В отличие от сред с кислота-

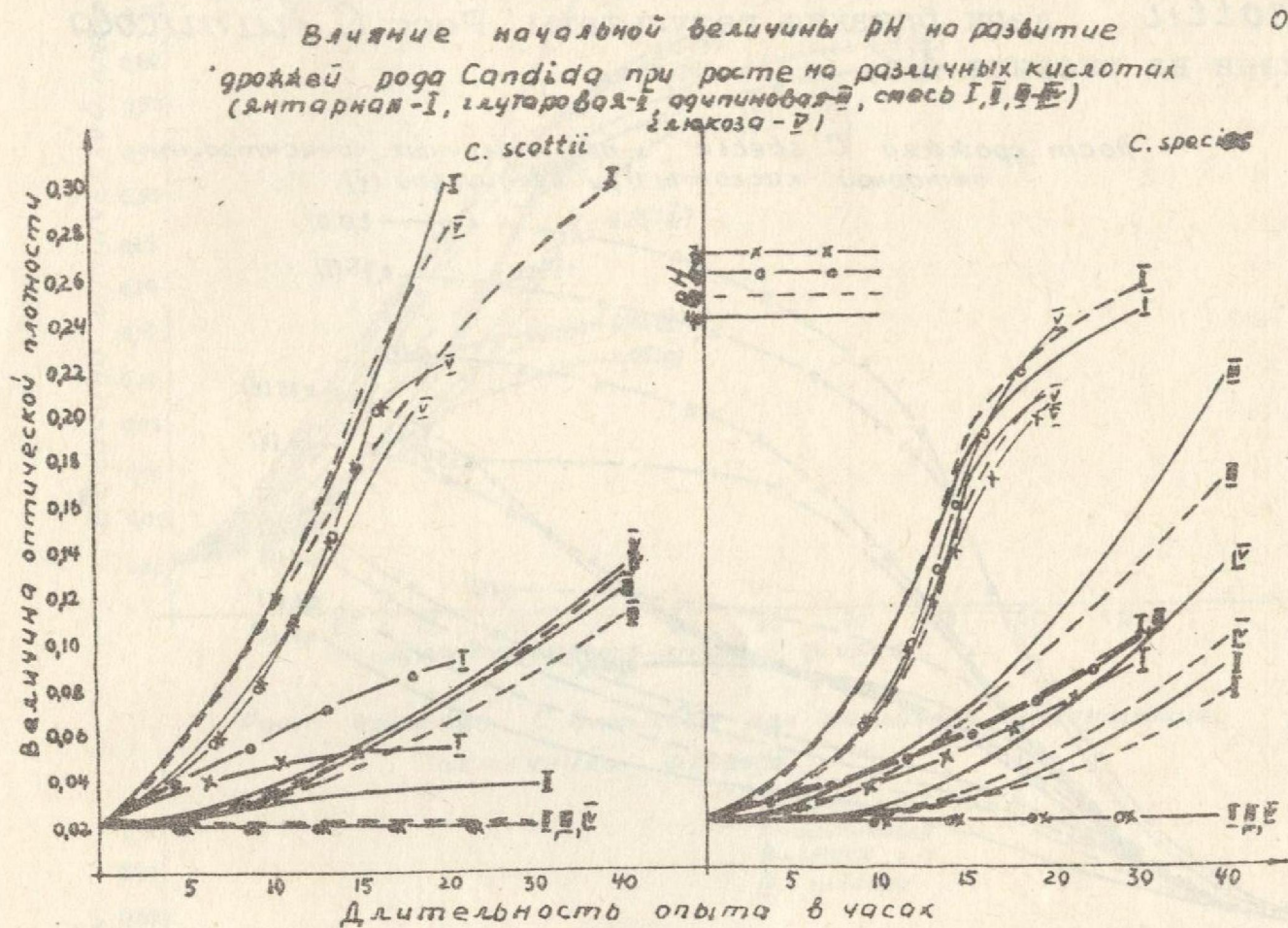


Рис. 3.

ми, на среде с глюкозой наблюдался хороший рост при всех величинах  $pH$ . Близкие данные были получены и для дрожжей *C. китнисова*. В процессе роста культур на кислотах отмечалось повышение величины  $pH$  (с  $4,0$  до  $4,5$  и  $5,0$ ), а при росте на глюкозе - снижение (с  $5,0$  до  $4,0$  и с  $4,0$  до  $3,0$ ). Подобное явление объясняется, очевидно, особенностями усвоения дрожжами углерода из различных источников.

### 3.2.2. Влияние концентрации кислот.

Присутствие легкодиссоциирующих молекул при использовании кислот в качестве источника углерода не позволяет использовать высокие концентрации их в питательной

среде. Поэтому подбор оптимальных концентраций проводили (при  $pH=4,5$ ) в пределах следующих величин: 0,05%, 0,1% , 0,25% , 0,5%, 0,75%, 1%. На рисунках 4 (а,б) представлены данные опытов о росте культуры *C. species* при различных концентрациях кислот и глюкозы. Результаты выращивания *C. scottii* дали близкие результаты. Рост *C. humicola* показан на рисунке 4 в.

Рост дрожжей *C. species* при различных концентрациях янтарной кислоты ( $\bar{I}$ ) и адипиновой ( $\bar{II}$ )

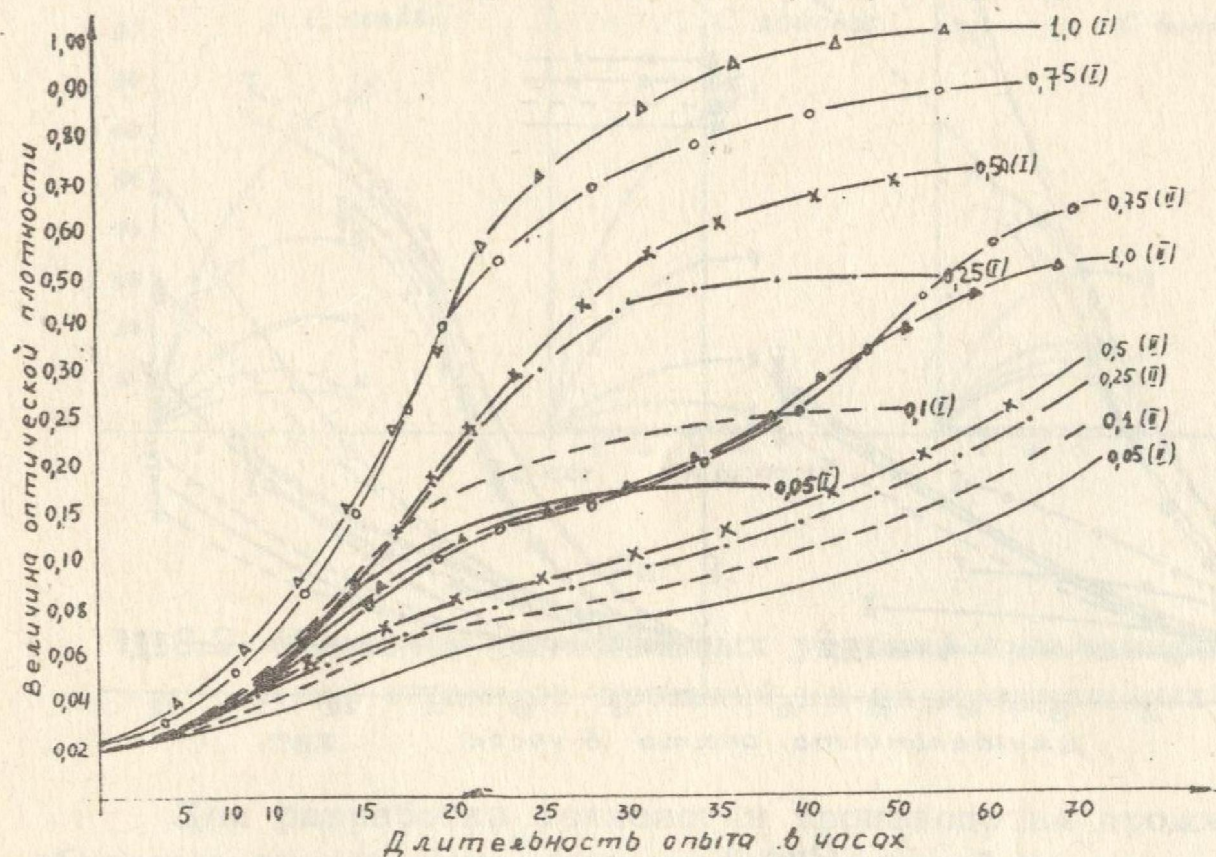
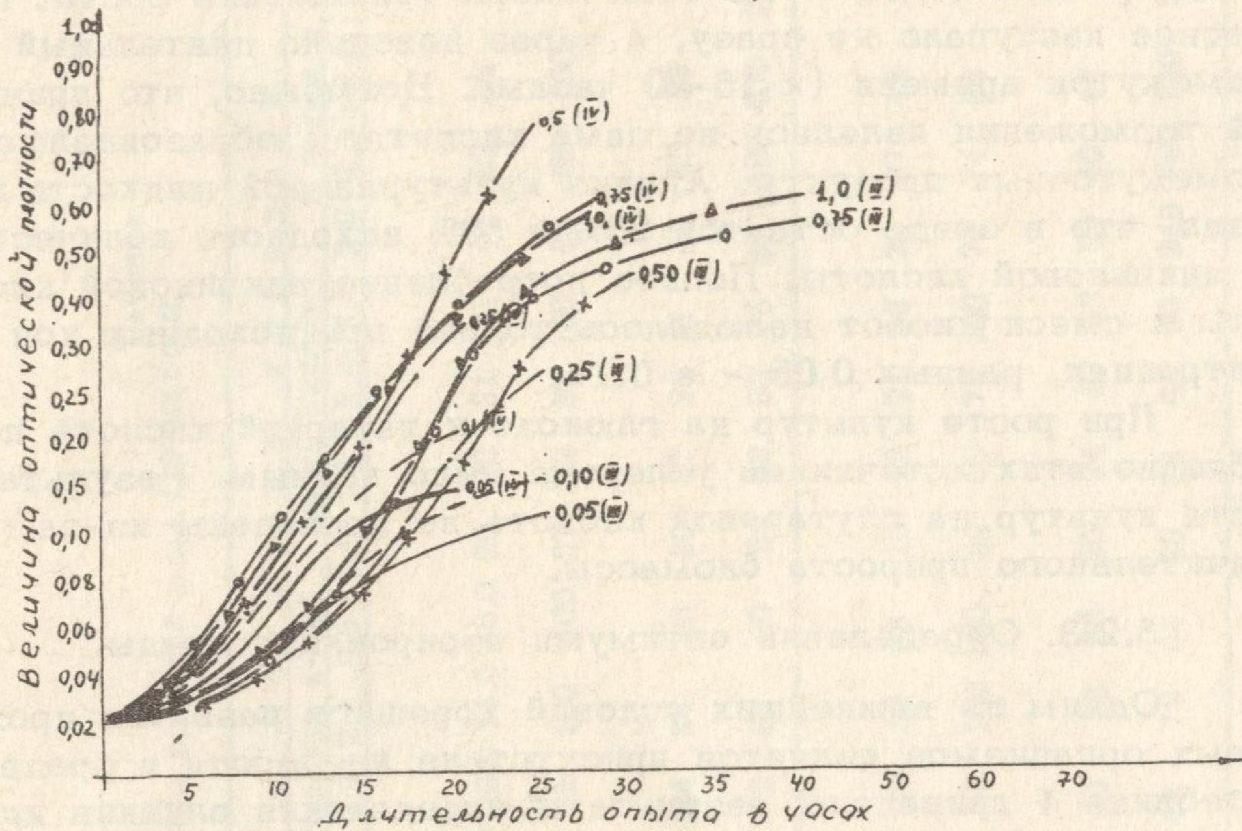


Рис.4.

Как видно из данных, приведенных на рисунках, при — рода источника углерода, а не его концентрация, оказывает влияние на величину лаг-фазы. Быстрее всего начинался рост на глюкозе, на янтарной кислоте, затем смеси кислот (по-видимому благодаря присутствию янтарной кислоты); медленнее всего протекало развитие на адипиновой кислоте, особенно для *C. humicola* (рис.4в).

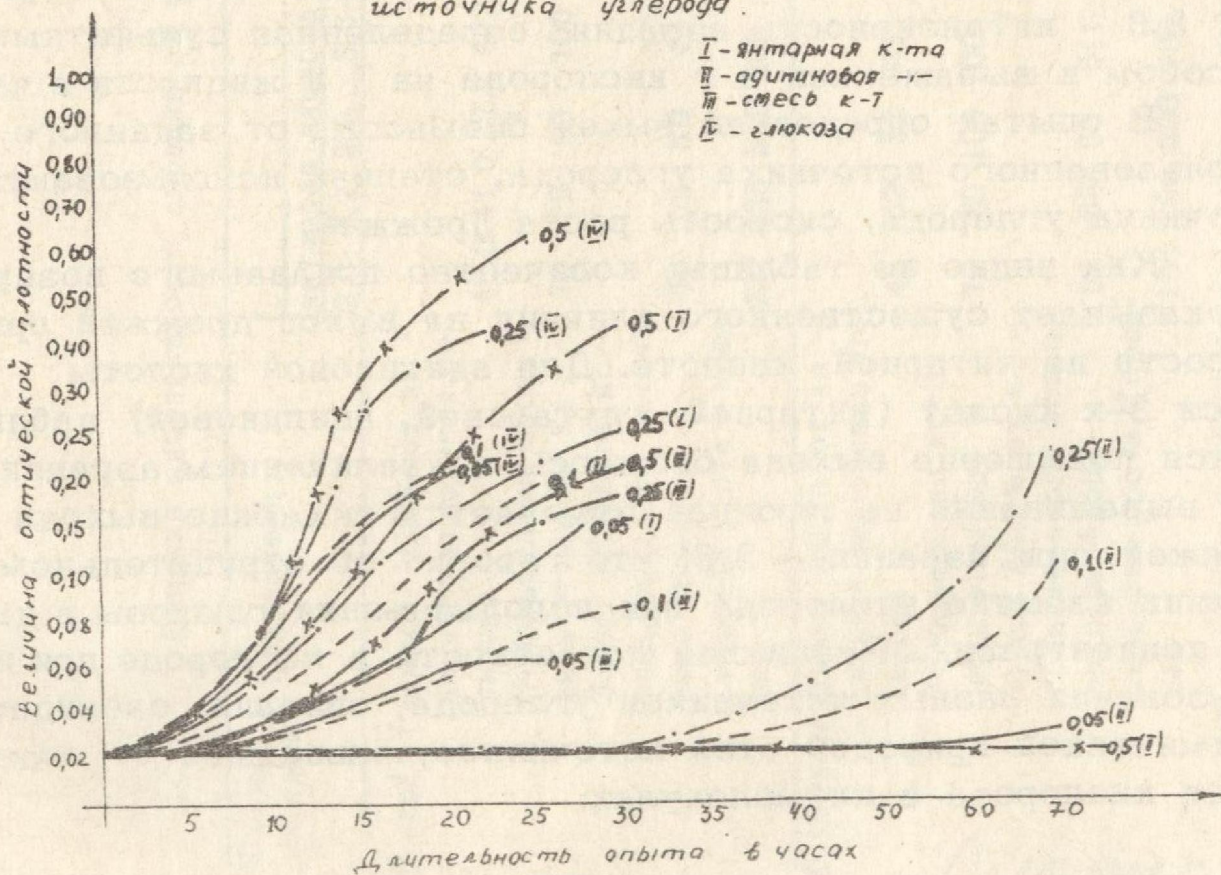
Рост на средах с кислотами при концентрациях от 0,05% до 0,5% находился в прямой зависимости от концентрации кислот. Такая же зависимость наблюдалась для глюкозы и янтарной кислоты и при концентрации их равной 0,75% и 1% в среде .

Рост дрожжей *S. cerevisiae* при различных концентрациях смеси янтарной, глутаровой, адипиновой кислот (I:1) ( $\bar{I}$ ) и глюкозы ( $\bar{IV}$ )



6

Рост дрожжей *S. hansenii* при различных концентрациях источника углерода.



В

Рис. 4.

При использовании адипиновой кислоты и смеси кислот при концентрациях 0,75% и 1% отмечалось торможение роста. Последнее наступало не сразу, а через довольно длительный промежуток времени (к 15-20 часам). Возможно, что причиной торможения являлась не сама кислота, а образовавшиеся промежуточные продукты. Анализ культуральной жидкости показал, что в среде остается 25% и 50% исходного количества адипиновой кислоты. Полное потребление адипиновой кислоты и смеси кислот наблюдалось только при исходных концентрациях, равных 0,05 - и 0,1%.

При росте культур на глюкозе и янтарной кислоте потребление этих источников углерода было полным. Результаты роста культур на глутаровой кислоте не приведены из-за незначительного прироста биомассы.

### 3.2.3. Определение оптимума аэрирования среды.

Одним из важнейших условий хорошего развития дрожжевых организмов является присутствие кислорода в среде. В таблице 4 приведены результаты определения влияния интенсивности аэрации на рост двух штаммов дрожжей рода *Candida* на различных источниках углерода. Числа 2; 2,2; 2,8; 3,6 - интенсивность аэрации, определенная сульфитным способом и выраженная в г кислорода на 1 л жидкости в час.

В опытах определяли выход биомассы, от заданного и использованного источника углерода, степень использования источника углерода, скорость роста дрожжей.

Как видно из таблицы, количество подаваемого воздуха не оказывает существенного влияния на выход дрожжей при их росте на янтарной кислоте. Для адипиновой кислоты и смеси 3-х кислот (янтарной, глутаровой, адипиновой) наблюдается повышение выхода биомассы с увеличением аэрации. При выращивании на глюкозе отмечается снижение выхода дрожжей, при аэрации - 3,6, что говорит об отрицательном влиянии избытка кислорода при использовании глюкозы в данной концентрации. Различная потребность в кислороде при использовании разных источников углерода, связана, очевидно, с химической природой этих источников, зависящая от содержания кислорода в их молекулах.

Таблица 4  
Влияние интенсивности аэрации на развитие дрожжей рода *Candida*

Штамм дрожжей	Показатели	Источники углерода															
		янтарная кислота	адипиновая к-та	смесь кислот	Глюкоза												
		2,0:2,2:2,8:3,6	2,0:2,2:2,8:3,6	2,0:2,2:2,8:3,6	2,0:2,2:2,8:3,6	2,0:2,2:2,8:3,6	2,0:2,2:2,8:3,6	2,0:2,2:2,8:3,6	2,0:2,2:2,8:3,6	2,0:2,2:2,8:3,6	2,0:2,2:2,8:3,6						
<i>C. scottii</i>	Выход АСД% от за-данного источника углерода	40,0	41,0	42,0	48,0	20,0	29,0	34,0	36,0	20	21	31	43	52	56	35	
	Использовано источника углерода %	70	72	80	100	64	82	100	100	67	72	80	100	80	95	100	72
	Выход АСД% от источника углерода	56	58	50	48	31	34	34	36	30	27	26	31	53	50	56	50
	Скорость роста V среднее	227	235	249	300	51	72	85	90	52	56	60	76	350	360	400	280
<i>C. species</i>	Выход АСД% от за-данного источника углерода	45	52	55	51	12	25	32	38	10	16	21	36	20	27	42	39
	Использовано источника углерода %	72	80	100	100	52	75	100	100	52	65	73	100	70	74	86	88
	Выход АСД% от источника углерода	61	65	55	51	22	33	32	36	20	24	30	38	30	40	48	45
	Скорость роста V среднее	164	194	200	195	23	48	79	96	20	36	45	60	245	260	160	128

Одесский технологический институт пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова

vD 17870  
ОБНАХТ  
БИБЛИОТЕКА

Таким образом, изучение условий культивирования трех штаммов дрожжей показало, что при использовании разных источников углерода дрожжами оптимальные условия их развития несколько отличаются: при использовании кислот оптимум pH - 4,0-5,0; глюкозы - 4,0-7,0; концентрация адипиновой кислоты - 0,25-0,5%, янтарной кислоты и смеси 3-х кислот - 0,5-1%, глюкозы - 1%. Необходимая интенсивность аэрации для янтарной кислоты - 2,8; адипиновой и смеси 3-х кислот - 3,6; а для глюкозы наименьшая.

### 3.3. Выращивание дрожжей в оптимальных условиях.

В условиях, оптимальных для роста дрожжей, проведено выращивание двух штаммов дрожжей на средах с разными источниками углерода.

Таблица 5

Выращивание дрожжей рода *Candida* в аппарате с самовсасывающей воздух мешалкой

Штамм дрожжей	Показатели	Источник углерода			
		янтарная кислота	адипиновая кислота	смесь кислот	глюкоза
1	2	3	4	5	6
<i>C. scottii</i>	Выход АСД% от заданного источника углерода	43	27	27	54
	Выход АСД% от использован. источника углерода	43	30	31	54
	% использования источника углерода	100	90	90	100
	Длительность культивирования	8	20	20	6
	Скорость роста $v$ ср.	260	92	70	450
	<i>C. species</i>	Выход АСД%	43,6	25	33
Выход АСД% от исп.		43,6	30	44	41
% исп. ист. углерода		100	82	90	100
Длительность культ.		8	20	20	8
Скорость роста $v$ ср.		262	87	84	255

В таблице приведены результаты выращивания дрожжей на средах, содержащих янтарную, адипиновую и смесь янтарной, глутаровой и адипиновой кислот.

Данные по глутаровой кислоте не приведены в связи с очень слабым развитием дрожжей на среде с этой кислотой. Средняя скорость роста приводится в мг/л в час ( $V_{cp}$ ). Выход биомассы при использовании янтарной кислоты был одинаков по обоим видам дрожжей. Выход АСД для *C. scottii* на глюкозе был выше, чем у *C. species*, что отразилось на скорости роста дрожжевых клеток.

Анализ культуральной жидкости показал полное использование янтарной кислоты и глюкозы. В средах с адипиновой кислотой и со смесью кислот осталось неиспользованным около 10% источников углерода.

#### 3.4. Определение химического состава дрожжей.

Данные о химическом составе дрожжевой биомассы приведены в таблице 6.

Наблюдалась определенная зависимость между содержанием азотистых веществ в дрожжах и характером источника углерода. Дрожжи, выращенные на янтарной кислоте в сравнении с дрожжами, на глюкозе содержали большее количество азотистых веществ. Величина  $K = \frac{\text{сырой протеин}}{\text{углеводы}}$  составляла для янтарной кислоты 2,2, а для глюкозы - 1,2. Для адипиновой кислоты и смеси трех кислот величина  $K$  занимала промежуточное положение и была равна 1,6-1,7. Возможно, что быстрая ассимиляция янтарной кислоты и ускоренное накопление биомассы дрожжевых клеток в данном случае объясняется ее непосредственным включением в цикл кислот Кребса. Содержание фосфора, определенного в виде  $P_2O_5$  во всех образцах дрожжей примерно было одинаковым. Содержание общего количества углеводов оказывалось обратно пропорциональным содержанию азотистых веществ.

#### У г л е в о д н ы й с о с т а в д р о ж ж е й.

Углеводы дрожжей обоих исследованных нами видов *Candida* по отношению к разбавленным растворам минеральных кислот возможно разделить на легко и трудногидролизу-

Химический состав дрожжей, выращенных на различных источниках углерода  
( в % к сухому веществу )

№№ п. п.	Показатели	И с т о ч н и к    У г л е р о д а							
		янтарная кислота <i>C. scottii</i>	адипиновая кислота <i>C. scottii</i>	адибиновая кислота <i>C. scottii</i>	смесь кислот <i>C. scottii</i>	глюкоза <i>C. scottii</i>			
1.	З о л а	7,7	5,4	3,4	4,0	5,5	4,7	8,0	3,4
2.	Общий азот	8,35	8,4	6,65	7,4	7,56	7,05	7,0	6,6
3.	Сырой протеин	52,2	52,5	41,56	46,25	47,25	44,07	43,75	41,25
4.	Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	4,8	4,1	4,2	4,1	4,1	4,5	5,6	4,6
5.	Легкогидролизуемые полисахариды (ЛГП)	15,3	19,7	23,7	23,8	22,6	27,5	27,4	40,6
6.	Трудногидролизуемые полисахариды (ТГП)	8,0	4,2	8,0	4,4	4,8	4,3	7,9	5,9
7.	У г л е в о д ы	23,3	23,9	31,7	28,2	27,4	31,8	35,3	46,5
8.	Аминокислоты	36,25	34,9	32,6	29,8	28,25	23,4	29,1	26,2
9.	К= "сырой протеин" углеводы	2,2	2,2	1,3	1,6	1,7	1,4	1,2	0,9

емые. Дрожжи преимущественно построены из легкогидролизуемых полисахаридов (ЛГП), что отличает их от ряда других растительных тканей.

Содержание ЛГП в дрожжах зависит от вида используемого источника углерода. Наибольшее количество ЛГП характерно для штаммов, выращенных на глюкозе. В биомассе *C. scottii* оно меньше, чем у *C. species* (соответственно 28 и 40%).

По моносахаридному составу полисахариды полученных дрожжей идентичны (см. табл. 7). В гидролизатах полисахаридов обоих штаммов найдены галактоза, глюкоза, манноза, рибоза. Это свидетельствует о присутствии в дрожжах гексанов. Соотношение между моносахаридами и следовательно, между полисахаридами в гидролизатах дрожжей зависит от источника углерода и штамма дрожжей.

Таблица 7

Состав легкогидролизуемых полисахаридов дрожжей рода *Candida* (% к сухому веществу)

Углеводы	Источник углерода			
	янтарная кислота	адипиновая кислота	смесь кислот (1:1:1)	глюкоза
	<i>C. scottii</i>			
ЛГП	15,3	23,7	22,6	27,4
Галактоза	2,7	4,6	9,4	4,6
Глюкоза	4,7	7,8	5,0	14,6
Манноза	7,6	10,9	7,8	8,0
Рибоза	сл.	сл.	сл.	сл.
	<i>C. species</i>			
ЛГП	19,7	23,8	27,5	40,6
Галактоза	2,2	3,3	4,0	4,8
Глюкоза	7,0	8,7	5,8	24,4
Манноза	10,0	11,3	17,5	9,6
Рибоза	сл.	сл.	-	-

При выращивании *C. scottii* на смеси кислот в дрожжевых клетках увеличивается содержание остатков галактозы. Для дрожжей, выращенных на адипиновой кислоте характерно увеличенное содержание остатков маннозы. Дрож-

жи *C. species* дают увеличенное количество глюкозы после развития на средах с глюкозой.

### Аминокислотный состав дрожжей.

Данные об аминокислотном составе гидролизатов азотистых веществ дрожжей приведены в табл. 8 и 9. Они идентичны по качественному составу и отличаются по количественному содержанию отдельных аминокислот. Для дрожжей, выращенных на янтарной кислоте, отмечается преобладание двухосновных аминокислот — аспарагиновой и глутаминовой.

Таблица 8

Аминокислотный состав дрожжей *C. Scottii*, выращенных на различных источниках углерода (в % к сухому веществу)

№№ п. п.	Аминокислоты	Источник углерода			
		глюкоза	янтарная кислота	адипино-вая кислота	смесь кислот $C_4C_5C_6$
1	2	3	4	5	6
1.	Цистин	сл	сл	2,7	1,35
2.	Орнитин	сл	сл	сл	сл
3.	Лизин	1,5	2,25	2,2	1,2
4.	Гистидин	1,4	1,2	0,8	0,8
5.	Аргинин	1,45	0,9	1,5	1,3
6.	Глутамин	5,6	3,6	5,6	6,7
7.	Аспарагиновая к-та	5,2	4,4	2,9	2,0
8.	Серин	0,7	2,8	1,7	1,3
9.	Глицин	0,9	1,5	1,5	1,3
10.	Глутаминовая к-та	3,1	5,0	3,2	1,9
11.	Треонин	0,9	2,0	1,3	0,9
12.	Аланин	1,3	3,4	1,7	0,9
13.	Пролин	++	++	+	+
14.	Тирозин	1,4	2,3	1,8	2,4
15.	<i>l</i> -аминомасляная кислота	1,0	1,1	-	1,2
16.	Метионин	-	сл	сл	-

1	2	3	4	5	6
17. Валин	1,6	2,15	2,2	1,4	
18. Фенилаланин	0,9	0,8	0,9	0,7	
19. Лейцин+изолейцин	2,2	2,85	2,6	2,2	
20. Глютатион	сл	сл	сл	0,6	
В с е г о :	29,15	36,25	32,6	28,25	

Таблица 9

Аминокислотный состав дрожжей *C. species*, выращенных на различных источниках углерода  
(% к сухому веществу)

№№ п. п.	Аминокислоты	Источник углерода			
		янтарная кислота	адипино- вая кислота	смесь кислот (1:1:1)	глюко- за
1.	Цистин	0,55	1,15	сл	0,7
2.	Орнитин	сл	сл	сл	сл
3.	Л и з и н	4,3	3,5	1,75	2,2
4.	Гистидин	4,1	2,25	1,1	2,2
5.	Аргинин	0,5	1,25	1,5	1,6
6.	Глютамин	+	+	3,75	2,6
7.	Аспарагиновая к-та	4,5	2,0	2,6	2,1
8.	С е р и н	2,2	1,9	1,3	1,5
9.	Г л и ц и н	1,9	1,5	0,8	1,55
10.	Глютаминовая к-та	4,0	3,2	2,7	2,7
11.	Треонин	1,6	1,4	1,0	1,05
12.	А л а н и н	1,5	1,8	1,6	1,0
13.	П р о л и н	+	+	+	+
14.	Тирозин	1,5	2,5	0,85	1,0
15.	L-аминомасляная кислота	0,8	0,6	сл	1,2
16.	Метионин	сл	+	+	+
17.	В а л и н	2,7	1,9	1,8	1,2
18.	Фенилаланин	0,4	1,3	0,6	1,2
19.	Лейцин+изолейцин	4,3	3,4	2,1	2,1
20.	Глютатион	0,04	0,1	сл	0,3

В гидролизатах обнаружены такие незаменимые кислоты, такие как лизин, гистидин, аргинин, серин, валин и др.

При сравнении аминокислотного состава дрожжей выращенных на средах с органическими кислотами с дрожжами, выращенными на углеводах не отмечено принципиальных различий, что говорит об их равноценной питательной ценности.

#### 1У. Определение оптимальных условий культивирования дрожжей при развитии на отходах производства капролактама

В настоящей главе приведены результаты опытов по уточнению оптимальных условий развития дрожжей применительно к отходам производства капролактама. В опытах были изучены условия культивирования для трех видов дрожжей: *C. scottii* (N1), *C. species*, *C. tropicalis* подобранных и адаптированных ранее.

##### 4.1. Условия культивирования.

Выращивание дрожжей проводили в условиях аналогичных при выращивании на отдельных кислотах, используя в качестве питательной среды очищенный отход Лисичанского химкомбаната, обогащенный источниками азота в виде  $NH_4^+$  и фосфора, другие минеральные соли не добавляли, учитывая, что в состав золы отходов входят железо, марганец, магний и калий.

Данные выхода сухих дрожжей и скорости роста трех штаммов дрожжей в зависимости от величины рН, концентрации кислот отхода, интенсивности аэрации показаны на рисунках 5,6,7.

Таким образом, оптимальные условия развития дрожжей на отходах близки к условиям развития их на отдельных кислотах: величина рН-4,5, концентрация кислот 0,5-1%, интенсивность аэрации - 3,5 - по сульфитному числу. Выход АСД к заданному кислотам при выращивании дрожжей на отходе - выше чем при выращивании на отдельных кислотах. Возможно это связано со стимулирующим действием некоторых веществ, входящих в состав отходов.

Зависимость выхода АСД (П) и скорости роста (I) от величины рН

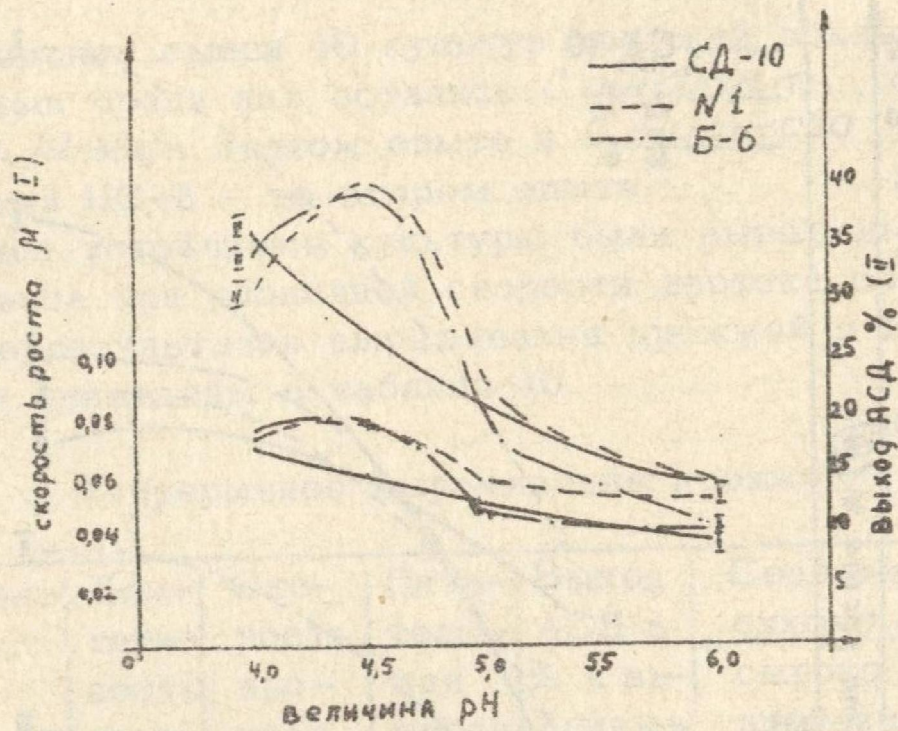


Рис.5.

Зависимость скорости роста (I) и выхода биомассы дрожжей (II) от концентрации кислот

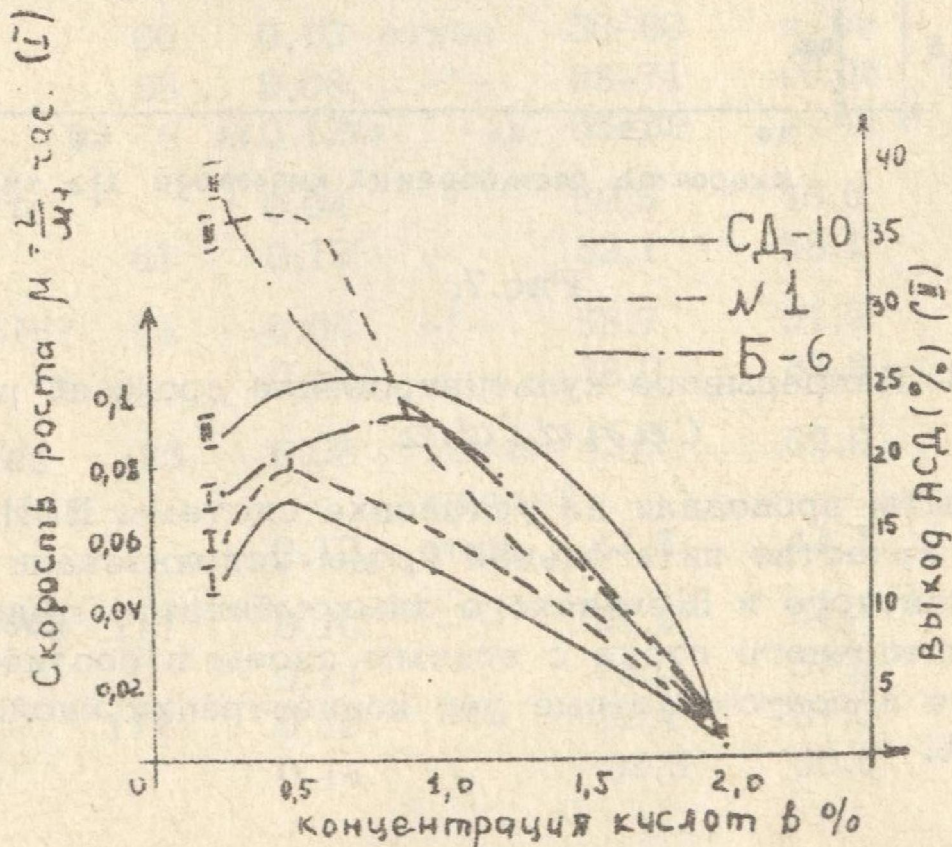


Рис.6.

## Зависимость роста дрожжей от интенсивности аэрации

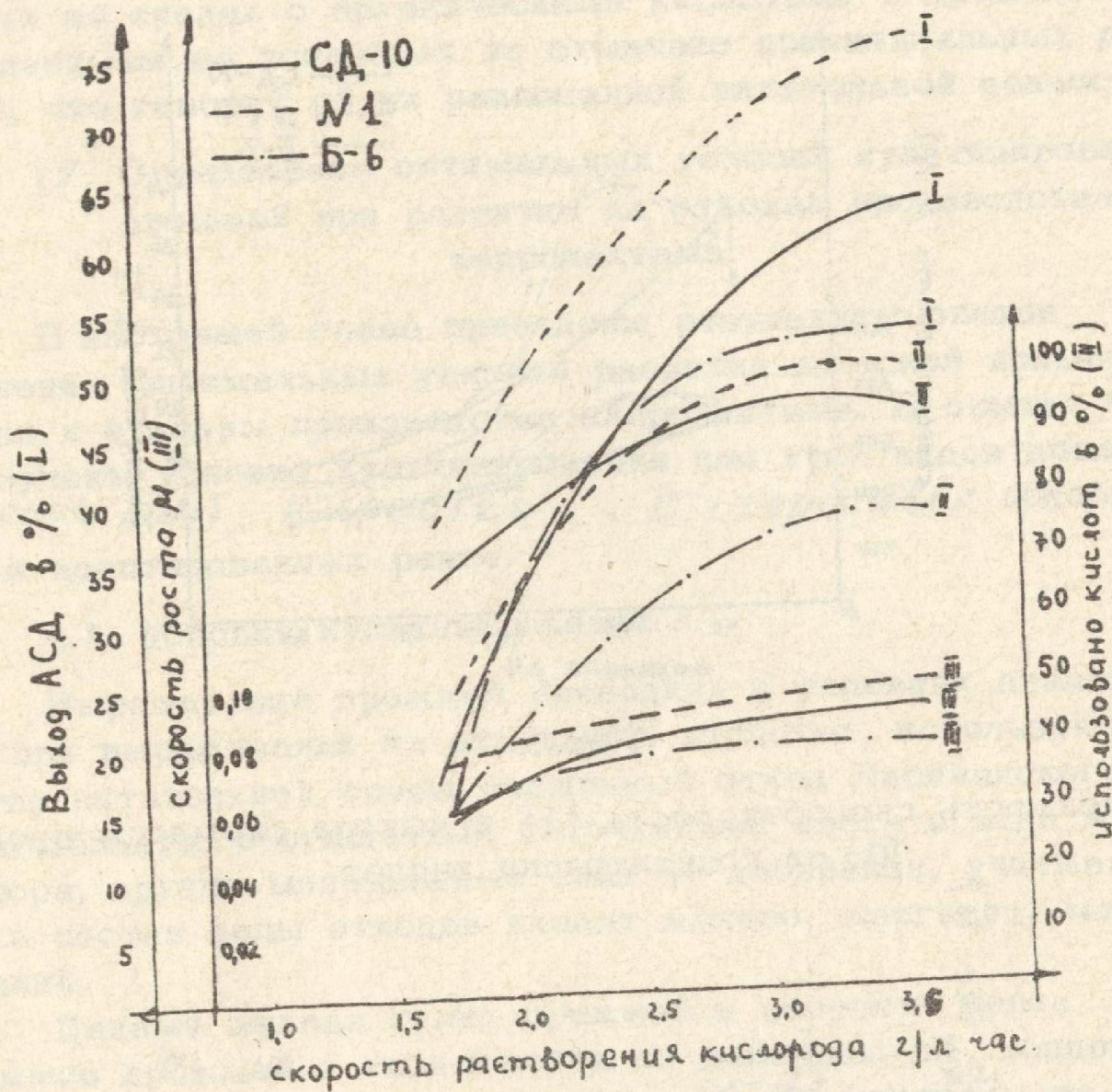


Рис.7.

### 4.2. Непрерывное культивирование дрожжей рода *Candida*

Опыты проводили на установке системы ВНИИСинтез - белок. В качестве питательной среды использовали отходы Лисичанского и Шекинского химкомбинатов: щелочной сток и смесь щелочного стока с водным слоем в соотношении 3:1, очищенные и полуочищенные при концентрации кислот в них 0,5% и 1%.

В непрерывном процессе были испытаны: *C. species*, *C. scottii*, *C. humicola*, а также смесь культур дрожжей подобранных нами и в лаборатории микробиологии ВНИИ-синтезбелок.

Выращивание смеси 10 культур дрожжей показало, что преобладающими среди них остались: *C. quillierm.*, *C. quillierm. (№6)*, *C. sp. (H-332)* в первом опыте и *C. humicola (№8)* и штамм дрожжей НС-3 - во втором опыте.

Наиболее устойчивые культуры были выращены в непрерывном процессе при различной скорости потока среды.

Данные результатов выращивания дрожжей в непрерывных условиях приведены в таблице 10.

Таблица 10

Непрерывное выращивание дрожжей

Культура дрожжей	Длительность культивирования в час	Скорость потока среды 1/час	Питательная среда	Выход АСД в % к за данным кислотам	Содержание в% к сухому веществу сырого ! протейна! (N x6,15) золы	
1	2	3	4	5	6	7
1. <i>C. species</i> (СД-10)	60	0,10	очищен. отход	50-60	н/оп	н/оп
2. <i>C. scottii</i> (№ 1)	56 6	0,08 0,12	"-	68-71 55-59	49,06 н/оп	5,4-5,7 н/оп
3. <i>C. quillierm.</i> Н-249	61	0,04 0,12		59,5 62,1	46,9 58,1	6,0 6,2
4. <i>C. quillierm.</i> (№ 6)	61	0,04 0,12	"-	58,7 68,0	51,9 37,8	5,27 5,3
5. <i>C. species</i> Н-332	83	0,08 0,12	неочищенный отход	43,7 47,5	52,9 41,1	6,5 6,8
6. <i>C. humicola</i> (№ 8)	117	0,10 0,14	"-	91,9 78,0	54,4 57,5	7,0 6,9
7. НС-3	117	0,10 0,14	"-	82,4 93,3	57,0 60,6	7,6 7,9

Представленные в таблице данные показывают, что все проверяемые штаммы дают близкие результаты по выходу сухих дрожжей. Содержание „сырого“ протеина колеблется в зависимости от скорости подачи питательной среды и штамма дрожжей.

Полученные данные свидетельствуют о том, что непрерывный процесс оказался эффективным методом селекции дрожжей, активно растущих на новых источниках углерода при заданных условиях.

Однако из смеси культур могут выделяться те, которые выдерживают влияние других штаммов, не являясь лучшими. Выход дрожжей в сравнении с накоплением биомассы на углеводсодержащих средах в большинстве случаев больше и равен 93,3% - (НС-3), 91,9% - *C. humicola*, что свидетельствует не только об эффективности ассимиляции, но и об усвоении наряду с кислотами, других углеродсодержащих соединений.

Содержание сырого протеина в дрожжах вполне удовлетворительно и превосходит 50%, достигая (54,4-57,5%) для *C. humicola*.

#### 4.3. Характеристики биомассы дрожжей, выращенных на отходах производства капролактама

Учитывая возможность применения биомассы дрожжей, выращенных на отходах, в корм животным, необходимо было более подробно исследовать их химический состав. Так, кроме показателей для дрожжей, выращенных на кислотах, для некоторых штаммов дрожжей, полученных на отходах было определено содержание липидов, минеральных веществ в золе, витаминов  $B_1$  и  $B_2$ .

Данные анализов приведены в таблице 11.

Приведенные данные показывают, что все исследованные культуры близки между собой по содержанию азотистых веществ, углеводов, золы и фосфора. В золе *C. species* и *C. scottii* обнаружены магний, натрий, кремний, железо, алюминий, медь, марганец, кальций, а также следовые количества кобальта, никеля, титана, бора, свинца, бария, хрома.

Таблица 11

Химический состав дрожжей, выращенных на отходе

№№ п. п.	Вещества	Штамм дрожжей			Произ- водст. штамм
		<i>C. scottii</i>	<i>C. species</i>	<i>C. humicola</i>	
1.	Влага, %	7,8	7,7	7,7	6,0
2.	Зола, %	7,2	6,7	6,4	12,0
3.	ЛГП, %	17,5	-	14,9	13,2
4.	ТГП, %	4,4	-	3,2	1,3
5.	Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) %	4,4	4,3	4,3	3,2
6.	Общий азот, %	7,85	7,9	8,3	8,2
7.	Сырой протеин (N x 6,25) %	49,06	49,37	51,87	51,25
8.	Липиды, %	н/оп	н/оп	н/оп	8,0
9.	Витамин В <sub>1</sub> мкг/г	-"-	-"-	10 мкг/г	15 мкг/г
10.	Витамин В <sub>2</sub> мкг/г	-"-	-"-	82 мкг/г	78 мкг/г
11.	Атакуемость фермен- тами пепсин-трипсин (% аминного азота)	2,4	-	2,4	2,5

Моносахаридный состав легкогидролизуемых полисахаридов дрожжей показан в таблице 12.

Таблица 12

Моносахаридный состав легкогидролизуемых полисахаридов дрожжей (% к сухому веществу)

Моносахара	Штамм дрожжей		
	<i>C. scottii</i>	<i>C. humicola</i>	производственный штамм
Галактоза	1,78	0,83	3,20
Глюкоза	5,65	8,6	3,7
Манноза	7,67	4,4	4,9
Рибоза	сл	сл	1,2
В с е г о:	15,1	14,83	13,0

Данные таблицы свидетельствуют о том, что легкогидролизуемые полисахариды разных штаммов дрожжей содержат остатки одних и тех же моносахаров. Количественные же соотношения их зависят от штамма дрожжей и условий культивирования.

Аминокислотный состав белковых веществ дрожжей, выращенных на отходах, приведен в таблице 13.

Таблица 13

Аминокислотный состав дрожжей, выращенных на отходах  
(% к сухому веществу)

№№ п. п.	Аминокислоты	Штамм дрожжей			Производ. штамм
		<i>C. scottii</i> (№ 1)	<i>C. species</i> (СД-10)	<i>C. humicola</i> (№ 8)	
1.	Цистин	сл	сл	1,25	сл
2.	Л и з и н	2,30	2,79	1,8	3,7
3.	Гистидин	2,95	сл	1,75	4,6
4.	Аргинин	2,33	1,71	1,31	0,8
5.	Глютамин	сл	0,41	сл	сл
6.	Аспарагиновая кислота	4,03	2,52	4,43	7,2
7.	С е р и н	2,10	0,71	0,85	1,5
8.	Глицин	1,44	6,23	1,07	1,3
9.	Глютаминовая кислота	2,96	6,23	4,96	4,2
10.	Треонин	3,47		2,87	1,2
11.	А л а н и н	2,99	2,29	2,70	2,65
12.	П р о л и н	+	+	сл	++
13.	Тирозин	2,5	2,04	0,20	0,7
14.	L-аминомасляная кислота	1,34	1,03	сл	0,12
15.	Метионин	+	+	0,75	++
16.	В а л и н	1,33	2,27	1,56	2,4
17.	Фенил-аланин	1,66	3,17	1,35	1,1
18.	Лейцин+изолейцин	1,85	2,85	3,21	2,7
19.	Глютатион	сл	сл	сл	сл
	В с е г о :	33,25	34,25	30,26	34,17

Приведенные в таблице данные свидетельствуют о сходстве общего содержания аминокислот в гидролизатах исследуемых образцов дрожжей, но соотношение отдельных аминокислот заметно меняется в зависимости от штамма дрожжей. Особенно большие изменения отмечены в содержании лизина, гистидина, аргинина, аспарагиновой кислоты.

По своему химическому составу дрожжи, выращенные на отходах производства капролактама не отличаются от дрожжей, выращенных на углеводах и на парафинах, как по содержанию азотистых веществ (46-58%, Крючкова А.П., Коротченко Н.И., 1967), углеводов (10-22%), так и зольных элементов и витаминов.

Содержание различных компонентов дрожжевых клеток широко варьирует и зависит от штаммов дрожжей, способов культивирования, режимов сушки и источника углерода.

У. Схема получения кормовых дрожжей на основе отходов производства капролактама.

Некоторые вопросы экономики и рекомендации.

Полученный экспериментальный материал показывает полную возможность использования отходов Лисичанского, Шекинского и других химических комбинатов, производящих капролактама по схеме жидкофазного окисления циклогексана, для получения кормовых дрожжей.

В сравнении с существующими методами производства кормовых дрожжей на углеводах, новая технология отличается схемой подготовки субстрата, а процесс выращивания во многом сходен с существующими.

При использовании отходов производства капролактама для получения дрожжей, схема подготовки субстрата отличается простотой и состоит из очистки отходов и их нейтрализации.

Очистка стоков, как это было показано ранее Киселевой Р.А. и Дудкиным М.С. 1966, может осуществляться следующим путем: к щелочному стоку или смеси щелочного стока с водным слоем при комнатной температуре добавляют концентрированную серную кислоту при перемешивании в таком количестве, чтобы концентрация ее в очищенном стоке составляла 0,3-0,5 н (40-60 л на 1 м<sup>3</sup> стока). При отстаивании

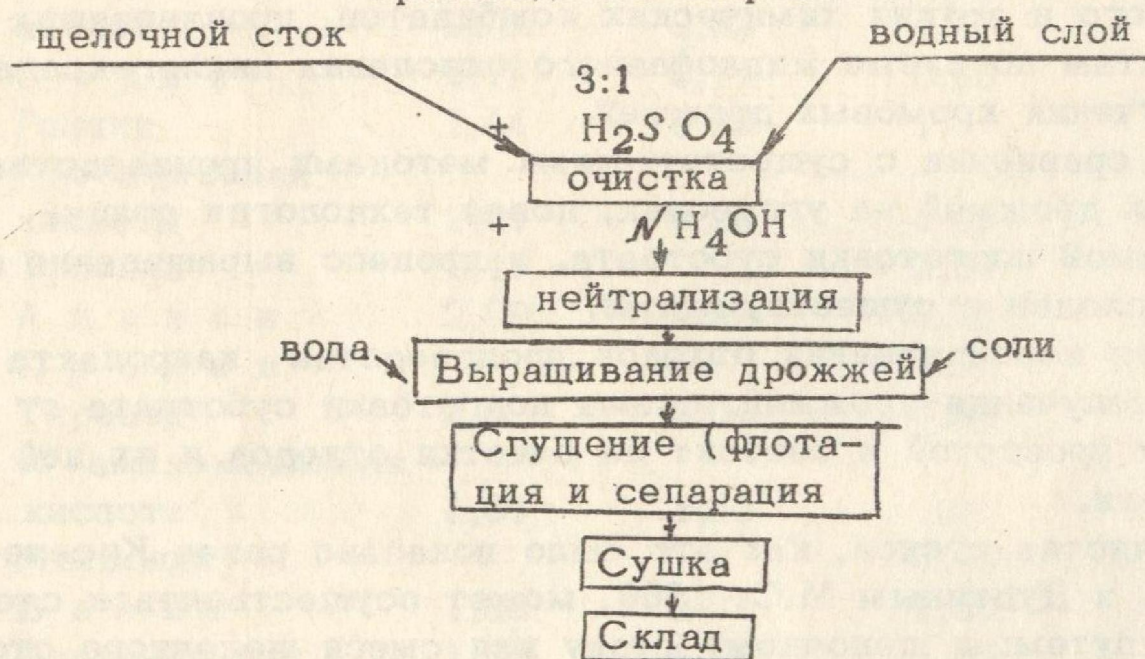
вании смеси в течение 1–1,5 часов происходит отделение смоляного слоя от осветленного. Обессмоленный раствор собирают в емкости для нейтрализации. Туда же сливают промывные воды после промывки смоляного слоя, а оставшийся смоляной слой сжигают или используют для других целей. Как показали совместные исследования, проведенные в лаборатории ОТИПП имени М.В.Ломоносова и Одесского пробочно-линолеумного завода, смоляной слой может быть использован для получения алкидной смолы при производстве линолеума.

Дальнейшее выращивание дрожжей ведется на очищенных стоках по схеме принятой в дрожжевом производстве, при использовании углеводов из различных субстратов. Эта часть схемы объединяет:

- а) процесс выращивания дрожжей;
- б) процесс сгущения и сушки.

Выращивание дрожжей производится в ферментерах (см. схему). Предусматривается возможность работы ферментеров самостоятельно и при условии использования одного из них в качестве дображивателя.

Схема получения кормовых дрожжей на отходах производства капролактама



При непрерывном процессе выращивания дрожжей в ферментеры подаются питательная среда (очищенные стоки), растворы солей, вода, чистая культура дрожжей и концентрат после 1 группы сепарации. Во время процесса выращи-

вания поддерживается постоянная температура, величина рН в пределах 4,0-5,0, концентрация кислот - 1%.

Процесс сгущения и сушки дрожжей осуществляется путем концентрирования дрожжевой суспензии на сепараторах I, II и III группы. Дрожжевой концентрат после сепараторов III группы собирается в плазмоллизаторы, где выдерживается 5-10 минут при температуре 70-80°C после чего подается на сушку.

Высушенные дрожжи с влажностью 8-10% затариваются в мешки и отправляются на склад.

Для выращивания кормовых дрожжей необходим дополнительный посев чистой культуры. Для этого, в отделении чистой культуры устанавливают несколько ферментеров разной емкости, где происходит последовательное накопление биомассы дрожжей. В ферментеры подается питательная среда, соли, водопроводная вода, воздух. Температура 32-35°, рН - 4,0- 5,0 - поддерживаются автоматически.

После отделения дрожжей на сепарации выделяется культуральная жидкость.

Химический состав ее представлен в таблице 14.

Таблица 14

Химический состав культуральной жидкости после выращивания дрожжей на отходах

№№ п. п.	Вещества	Содержание в %	
		Отход	Культуральная жидкость
1.	Органические кислоты	11,5-7,6	0,06-0,09
2.	Циклогексанон	0,084	- -0,003
3.	Циклогексанол	0,15-0,19	0,01-0,012
4.	Общий азот	нет	0,015-0,027
5.	Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	нет	0,03-0,036
6.	ХПК мг/лO <sub>2</sub>	135000-180000	3200-11000
7.	БПК <sub>20</sub>	н/оп	1600-5000
8.	рН	4,5	4,5 - 6,1

Как видно из таблицы, культуральная жидкость содержит остатки органических кислот, азотистых и фосфорных соединений, сотые доли процента циклогексанола и следовые количества циклогексанона и может быть использована пов -

торно в процессе ферментации.

Для получения кормовых дрожжей может быть использован «сухой отход», образующийся в результате доокисления водного слоя азотной кислотой. В случае использования этого вида отхода, схема подготовки субстрата будет заключаться только в приготовлении водного раствора и нейтрализации его аммиачной водой до pH 4,0.

Кроме того, как показали исследования, проведенные в лаборатории, отходы производства капролактама могут быть использованы в комплексе с гидролизатами древесных отходов и непищевых отходов сельского хозяйства.

На основании применяемых в дрожжевом производстве норм расхода материалов и затрат на 1 т дрожжей составлена ориентировочная калькуляция себестоимости.

Калькуляция себестоимости одной тонны дрожжей приведена в таблице 15.

Таблица 15

Калькуляция себестоимости дрожжей, полученных на отходах производства капролактама

Наименование затрат	Затраты на 1 тонну дрожжей (руб., коп.)
I. Основные затраты	
1. Сырье	1,0
2. Вспомогательные материалы и химикаты	44,18
3. Пар	29,9
4. Вода	7,66
5. Электроэнергия	32,0
6. Зарплата основная и дополнительная с начислениями	<u>19,0</u> 143,74
II. Накладные расходы:	
1. Цеховые расходы	20,23
2. Общезаводские расходы	<u>16,00</u>
Итого накладных расходов	36,23
III. Фабрично-заводская себестоимость	179,97
IV. Внепроизводственные расходы	0,5
V. Полная себестоимость	180,47

Сравнение калькуляции себестоимости одной тонны дрожжей, получаемых из растительного сырья (287 руб., из очищенных парафинов нефти - 262 руб.) показывает, что удешевление себестоимости дрожжей, полученных на отходах производства капролактама достигается за счет низкой стоимости сырья.

## ВЫВОДЫ

1. Изложенный в диссертации материал впервые обосновывает возможность использования отходов производства капролактама для получения кормовых дрожжей.

2. По химическому составу (17-20% карбоновых кислот) отходы производства капролактама: щелочной сток и водный слой пригодны в качестве сред для развития дрожжей.

3. Лучший рост дрожжей наблюдается на отходах, предварительно очищенных серной кислотой от смолистых и циклических соединений.

Установлены допустимые количества отдельных веществ в отходах.

4. Проведен подбор активных штаммов дрожжей из природных источников, производственных и коллекционных штаммов. Установлено, что наиболее активными культурами являются дрожжи рода *Candida*, выделенные из естественных субстратов: *C. scottii*, *C. humicola*.

Способность дрожжей использовать кислоты может быть повышена в результате их адаптации.

5. Изучение условий культивирования дрожжей рода *Candida* при использовании ими двухосновных кислот, показало, что оптимальной величиной pH среды является 4,0-5,0, концентрация кислот 0,5-1%, интенсивность аэрации (по сульфитному числу) составляет 2,8-3,2. Однако для индивидуальных кислот существуют свои оптимальные величины.

6. Выращивание дрожжей на кислотах показало, что обе используемые культуры (*C. scottii*, *C. species*), близки между собой по продуктивности.

7. Лучшим источником углерода, содержащихся в отходах веществ является янтарная кислота; монокарбоновые

кислоты: масляная, валерьяновая в низких концентрациях также являются хорошим источником углерода. Адипиновая и глутаровая кислоты являются более трудноусвояемыми.

8. Скорость окисления кислот в аппарате Варбурга различна. Наиболее быстро окисляется янтарная кислота, затем адипиновая и совсем слабо – глутаровая.

9. Сравнение условий культивирования трех штаммов дрожжей рода *Candida* на индивидуальных кислотах и на отходе показывает, что они сходны: рН=4-5, концентрация кислот 0,5-1%, интенсивность аэрации – 3,2 (по сульфитному числу).

10. Выращивание дрожжей в непрерывных условиях обеспечивает до 70-90% выхода от заданных кислот.

Лучшие результаты были получены для культур дрожжей: *C. quilliermondii* (Н-249), *C. quilliermondii* (№ 6), *C. humicola* (№ 8).

11. Химический состав дрожжей, выращенных на двух основных кислотах по основным показателям сходен с химическим составом биомассы дрожжей, выращенных на глюкозе.

Соотношение углеводных и азотистых соединений заметно отличается при использовании янтарной кислоты и глюкозы. При ассимиляции глюкозы преобладают углеводы, а на янтарной кислоте – азотистые соединения. Это говорит о некотором отличии в путях биосинтеза в зависимости от источника углеродного питания. Углеводы представлены легкогидролизуемыми полисахаридами, содержащими глюкозные, маннозные, галактозные остатки. Соотношение этих остатков зависит от природы углеродного субстрата. Аминокислотный состав существенно не отличается по содержанию аминокислот от дрожжей, выращенных на гидролизатах растительного сырья и парафинах.

12. Химический состав дрожжей, полученных на отходах производства капролактама соответствуют нормам ВТУ на кормовые дрожжи.

По содержанию аминокислот и углеводов, липидов, витаминов, дрожжи, выращенные на отходе, близки к дрожжам, получаемым на парафинах нефти. Минеральный состав дрожжей представлен магнием, кремнием, железом, алюминием, медью, марганцем, кальцием, титаном, бором, свинцом, барием, хромом, никелем.

13. Проведенные ориентировочные расчеты показали , что себестоимость одной тонны дрожжей, полученных на отходах производства капролактама составляет 180 рублей .

14. На основании полученных данных рекомендована схема использования отходов для получения кормовых дрожжей включающая стадию очистки и стадию выращивания дрожжей.

В качестве сырья может быть использован щелочной сток, смесь щелочного стока с водным слоем, а также „сухой остаток“. Отходы могут быть использованы как самостоятельно так и в смеси с гидролизатами непищевого растительного сырья.

15. Размножение дрожжей на отходах приводит к значительному снижению в сточных водах органических веществ, ХПК уменьшается в 50 раз.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы :

1. Авторское свидетельство № 212941 кл.6-а 17/03 от 21 .III. 1966 г.

2. Авторское свидетельство № 223015 кл. 6-а,14 от 13.III. 1967 г.

3. Использование кислот из отходов производства капролактама в качестве источника углерода при выращивании дрожжей. З.В.Левина, С.З.Хаит, Т.А.Качан. Прикладная биохимия и микробиология, т.УII, в.2, 1971.

4. Химический состав дрожжей рода *Candida*, выращенных на средах, содержащих двухосновные органические кислоты. З.В.Левина, М.С.Дудкин. Прикладная биохимия и микробиология, т.УI, в.4, 1970 .

5. Непрерывное культивирование, как метод селекции штаммов дрожжей, развивающихся с повышенной скоростью роста. Н.Б.Градова, Р.Н.Сустина, Н.А.Кирпичникова - институт ВНИИсинтезбелок. С.З.Хаит, З.В.Левина, Т.А.Качан. - Одесский технологический институт. Белок из углеводов. Сборник информационных материалов, выпуск 3, 1968.

6. Подбор дрожжей, усваивающих в качестве единственного источника углерода карбоновые кислоты отходов производства капролактама. С.З.Хаит, З.В.Левина, Т.А.Качан . Микробиологическая промышленность № 1А, 1970.

7. Методы подготовки сточных вод капролактамового производства для использования в качестве среды при выращивании дрожжей. М.С.Дудкин, Р.А.Киселева, С.З. Хаит, З.В.Левина. Микробиологическая промышленность, № 1 А, 1970.

8. Оптимальные условия культивирования дрожжей на отходах производства капролактама. З.В.Левина, С.З.Хаит, М.С.Дудкин. Микробиологическая промышленность, № 2 А, 1970.

9. Выращивание дрожжей на отходах производства капролактама, содержащих карбоновые кислоты. З.В.Левина, Тезисы докладов IV Одесской городской конференции по химии молодых ученых и производственников. Одесса, 1970.

#### Результаты работы д о л о ж е н ы :

1. На конференциях Одесского технологического института пищевой промышленности имени М.В.Ломоносова в 1965, 1966, 1967, 1968, 1969 годах.
2. На юбилейной конференции молодых специалистов, ВНИИ-синтезбелок, Москва, октябрь, 1967.
3. На заседании микробиологического общества. Одесское отделение УМО, ноябрь, 1970.
4. На IV Одесской городской конференции по химии молодых ученых и производственников, Одесса, 1970.

---

Подписано к печати 21.08.1971 года Формат 60 x 901 / 16  
Объем 2,4 печ.листа Заказ № 217 Тираж 110 экз. 1971 г.

Для служебного пользования

---

Лаборатория фотомеханической печати ОТИПП  
имени М.В.Ломоносова, г.Одесса ГСП-510, ул.Свердлова,112