

С. В. Лебедевъ

Профессоръ Томскаго Технологическаго Института ИМПЕРАТОРА НИКОЛАЯ II.

НЕПРЕРЫВНОЕ АЛКОГОЛЬНОЕ СБРАЖИВАНІЕ

(Экспериментальное изслѣдованіе).



Томскъ.

Товарищество „Печатня С. П. Яковлева“, Макаровскій пер., соб. домъ № 4.

1915.

Предисловіе.

Во многихъ вѣтвяхъ современной техники имѣютъ мѣсто нѣкоторые приемы и методы работы не потому, что они являются въ настоящее время наиболѣе правильными и цѣлесообразными, но главнымъ образомъ потому, что современная практика такихъ производствъ получила ихъ по наслѣдству отъ предыдущихъ поколѣній, нерѣдко изъ временъ сѣдой старины.

Такимъ образомъ, это своего рода пережитки, живучесть которыхъ въ большинствѣ случаевъ опредѣляется тѣмъ, что съ теченіемъ времени эти приемы работы не оставались неизмѣнными, но въ нѣкоторой мѣрѣ совершенствовались, используя въ цѣляхъ своего развитія успѣхи, достигаемые въ областяхъ изученія тѣхъ явленій и силъ природы, на приложеніи которыхъ они основаны.

Такіе пережитки при несомнѣнной ихъ ошибочности съ точки зрѣнія возможностей настоящаго времени все же содержатъ въ себѣ нерѣдко много цѣннаго, вложеннаго въ нихъ коллективной работой длиннаго ряда смѣнявшихъ другъ друга поколѣній.

Въ указанномъ отношеніи въ наихудшихъ условіяхъ находятся производства, время зарожденія которыхъ относится къ эпохамъ низшихъ ступеней развитія человѣка, когда послѣднему приходилось разрѣшать самыми примитивными средствами многіе разнообразные и сложные вопросы, опредѣлявшіеся стремленіемъ обезпечить свое существованіе. Изъ этихъ стремленій съ теченіемъ времени возникли наиболѣе старыя вѣтви современной техники, къ числу которыхъ также относится группа производствъ алкогольнаго броженія. Несмотря на чрезвычайную сложность воспроизводимыхъ здѣсь процессовъ, связанныхъ съ опредѣленными проявленіями жизни, практика этихъ производствъ сумѣла очень рано выработать свои приемы и методы работы и при томъ на столько удачно, что они сохранились до позднѣйшаго времени.

Крупныя научныя изслѣдованія и открытія прошлаго столѣтія въ области изученія явленій броженія очень значительно отразились и на практикѣ бродильныхъ производствъ. Однако многіе изъ старыхъ приемовъ работы не только сохранились, но еще и по настоящее время очень крѣпко удерживаются. Примѣромъ

этого может служить способ періодическаго сбраживанія, оказывающійся какъ прежде, такъ и теперь той единственной формой, въ которой воспроизводится процессъ алкогольнаго броженія всюду еще и до сихъ поръ.

Является ли эта періодичность логическимъ слѣдствіемъ условій и задачъ производствъ техники броженія или же это представляетъ собой только случайность и пережитокъ—вотъ вопросъ, который, какъ таковой, до послѣдняго времени оставался совершенно незатронутымъ. Между тѣмъ можно считать общеизвѣстнымъ фактомъ, что всякое производство значительно выигрываетъ въ экономичности работы и во многихъ другихъ отношеніяхъ, если процессы его составляющіе идутъ непрерывно. Въ виду этого представляется интереснымъ: во-первыхъ, установить возможность поставить процессъ броженія въ такія условія, которыя позволяли бы воспроизводить его непрерывно и при томъ произвольно долго, и, во-вторыхъ, выяснить, какъ отражаются эти условія на теченіи процесса броженія, на работѣ и свойствахъ дрожжей, а также на количествѣ и качествѣ получающагося продукта броженія.

Полученіе соответствующихъ отвѣтовъ на перечисленные вопросы и было цѣлью настоящаго изслѣдованія.

С. Лебедевъ.

г. Томскъ.

1 Юня 1914 г.

ГЛАВА I.

Періодическое сбраживаніе и его особенности.

Являясь одной изъ характернѣйшихъ особенностей продуктовъ техники алкогольнаго броженія, этиловый спиртъ все же оказывается только одной изъ многихъ существенныхъ составныхъ частей этихъ послѣднихъ, а потому реакція образованія спирта далеко не охватываетъ всѣхъ сложныхъ и разнообразныхъ процессовъ, вызываемыхъ взаимодействіемъ дрожжей и сбраживаемаго субстрата. Въ виду этого при броженіи приходится считаться со многими факторами, способными вліять на дрожжи, на сбраживаемый растворъ и на взаимодействие ихъ между собой. Планомѣрное регулированіе вліяній всѣхъ такихъ факторовъ и составляетъ задачу управленія броженіемъ.

Но вліяніе каждаго фактора опредѣляется тѣми условіями, въ которыхъ онъ проявляется и которыя при броженіи въ значительной мѣрѣ обуславливаются избраннымъ способомъ сбраживанія.

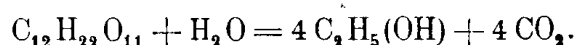
Наиболѣе простымъ старымъ широко распространеннымъ еще и до настоящаго времени, а вмѣстѣ съ тѣмъ исходнымъ для всѣхъ существующихъ способовъ, является способъ періодическаго сбраживанія въ чанахъ, бочкахъ, бутылкахъ и т. п. принятыхъ практикой бродильныхъ сосудовъ.

Характернымъ для этого способа представляется: 1) періодичность работы; 2) прикрѣпленность къ мѣсту въ томъ смыслѣ, что сбраживаніе отъ начала до конца ведется въ одномъ и томъ же сосудѣ; 3) совмѣстное пребываніе всей массы дрожжей и сбраживаемаго субстрата въ теченіе всего времени броженія; 4) размноженіе задаваемыхъ дрожжей и слѣд. неизбежная трата вещества сбраживаемаго субстрата на образованіе дрожжей; 5) относительно быстрая измѣняемость условій, при которыхъ въ различныя стадіи броженія работаютъ дрожжи. О теченіи процесса броженія при указанномъ способѣ сбраживанія можетъ дать извѣстное представленіе кривая чертежа № 1, построенная по среднему часовому сбраживанію сахара за отдѣльные періоды броженія.

Опытъ для построенія кривой чертежа № 1 состоялъ въ слѣдующемъ. Въ двѣ колбы, емкостью каждая на $\frac{1}{2}$ литра, отмѣрялось по 300 куб. сент. предварительно стерилизованнаго отстояв-

шагося пивовареннаго сусла. Обѣ колбы съ налитымъ въ нихъ сусломъ, закрытыя ватными пробками, дважды черезъ день стерилизовались по часу въ текучемъ парѣ. Затѣмъ въ одну изъ нихъ прививалось ушкомъ платиновой проволоки минимальное количество чистой культуры дрожжей верхняго броженія расы XII. Послѣ прививки ватная пробка колбы замѣнялась деревянной, снабженной бродильнымъ затворомъ съ крѣпкой сѣрной кислотой. Снаряженная такимъ образомъ колба слегка взбалтывалась, взвѣшивалась съ точностью до 0,01 гр. и помѣщалась въ термостатъ при температурѣ 17.5° С.

Въ дальнѣйшемъ взвѣшивание колбы повторялось черезъ опредѣленные промежутки времени, колеблющіеся отъ 4 до 24 часовъ въ зависимости отъ интенсивности броженія. По потерѣ вѣса опредѣлялись количества выдѣлявшейся углекислоты за отдѣльные періоды броженія, а на основаніи этого находились соотвѣтствующія количества сброженной за это время мальтозы. Для этого дѣлался пересчетъ съ углекислоты на сахаръ по уравненію:

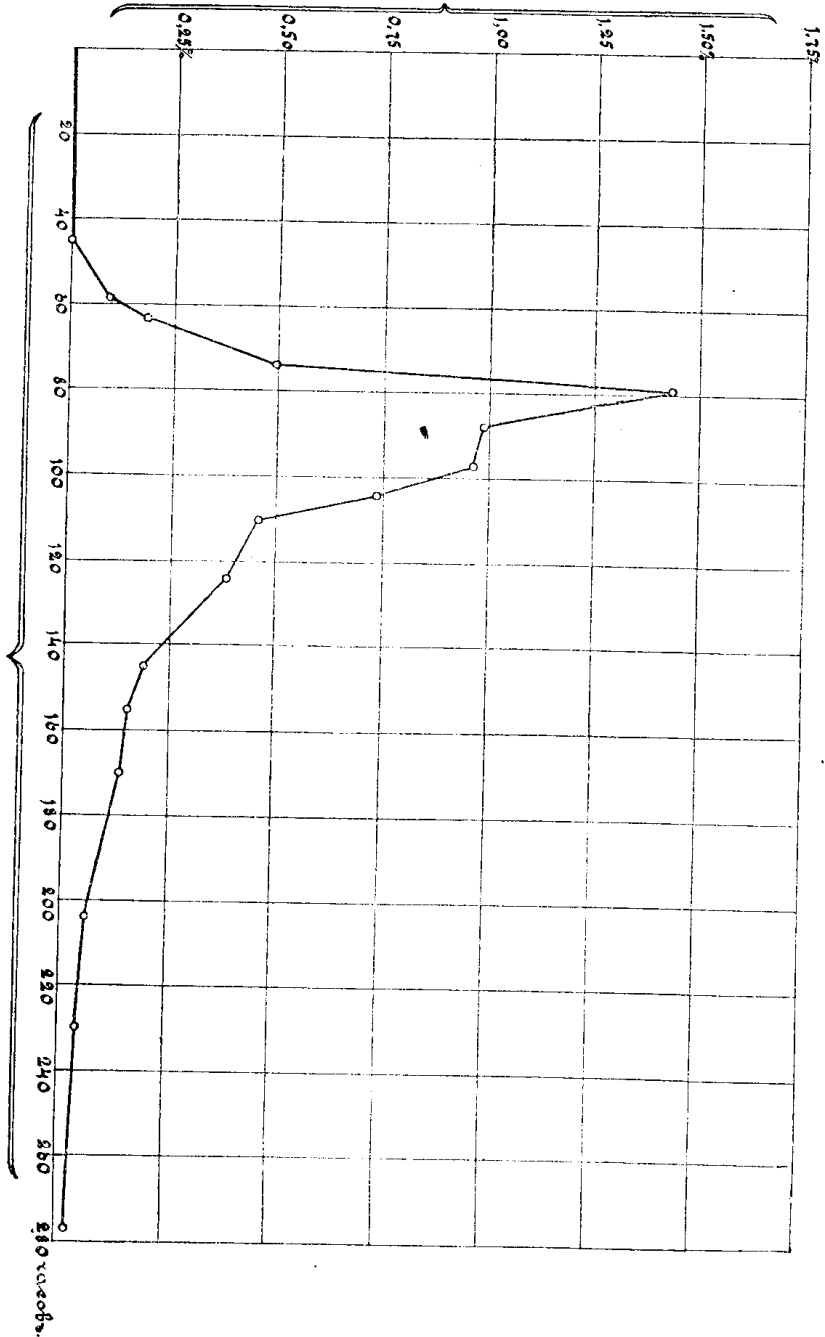


Раздѣляя количества мальтозы, сброженной за отдѣльные періоды броженія на продолжительность каждаго изъ нихъ, выраженную въ часахъ, и перечисляя эти величины на проценты всего количества сбраживаемаго экстракта, получаемъ въ результатѣ величины средней часовой сбраживаемости за отдѣльные періоды броженія. Эти величины и принимаются за ординаты кривой броженія чертежа № 1, абсциссами которой является соотвѣтствующее время отъ начала броженія, выраженное въ часахъ, при чемъ началомъ броженія считается моментъ прививки дрожжей.

Опредѣленіе количества экстракта въ сбраживаемой пробѣ исходнаго сладкаго сусла производилось не въ ней самой непосредственно, а въ тождественной съ нею пробѣ. Для чего въ послѣдней опредѣляется вѣсъ сусла и процентное содержаніе въ немъ экстракта, устанавливаемое на основаніи пикнометрическаго измѣренія удѣльнаго вѣса профильтрованнаго сусла этой пробы.

Диаграмма броженія, построенная на основаніи найденнаго и представленная на черт. № 1, опредѣленно указываетъ на то, что при данномъ способѣ сбраживанія процессъ броженія протекаетъ очень неравномѣрно. Первоначально относительно долгое время броженіе совершенно не обнаруживается. Въ этотъ періодъ идетъ накопленіе дрожжей и только тогда, когда ихъ образуется достаточное количество, начинается проявляться процессъ броженія.

Среднее часовое сбраживание сахара во в%евых % отъ эктракта исходнаго сусла за отдельные периоды брожения.



Продолжительность брожения, считая отъ момента инверсии брожения.

Время брожения: брожение в%евых брожения раса XII; температура - 10.5. Вад. температура брожения - 17.5. е.

Чертежъ № 1.

Послѣ этого подѣ влияніемъ быстрого увеличенія массы работающихъ дрожжей, сравнительно за короткій промежутокъ времени, интенсивность броженія стремительно нарастаетъ, достигаетъ максимума и быстро спадаетъ до очень незначительной величины, на высотѣ которой она держится затѣмъ долгое время, медленно подвигаясь къ минимуму. Причины рѣзкаго перехода, наблюдаемаго вслѣдъ за высшимъ напряженіемъ силы броженія, заключаются въ прекращеніи размноженія дрожжей и въ постепенномъ исчезновеніи сбраживаемаго вещества, съ чѣмъ связано одновременно идущее накопленіе въ бродящей жидкости продуктовъ броженія, задерживающихъ и ослабляющихъ работу дрожжей.

Въ виду того, что въ каждый отдѣльный моментъ составъ, свойства и температура бродящей жидкости измѣняются подѣ влияніемъ идущаго впередъ процесса броженія, дрожжи каждой изъ послѣдующихъ генерацій должны нѣсколько отличаться по своему составу, а слѣдовательно и по свойствамъ отъ генерацій предыдущихъ. Въ результатѣ этого вся масса образующихся дрожжей къ концу броженія не является чѣмъ-либо совершенно однороднымъ и одинаково устойчивымъ по отношенію къ неблагоприятнымъ воздѣйствіямъ различныхъ факторовъ, влияние которыхъ особенно сильно проявляется къ концу броженія. Въ силу этого отдѣльныя фракціи работающихъ дрожжей разновременно начинаютъ постепенно слабѣть, становясь въ концѣ концовъ совершенно недѣятельными въ смыслѣ алкогольнаго броженія.

Вполнѣ доказанное положеніе о большой способности микроорганизмовъ въ извѣстной степени приспособляться къ неблагоприятнымъ условіямъ въ данномъ случаѣ можетъ имѣть мѣсто только въ самомъ ограниченномъ масштабѣ благодаря малой длительности всего процесса броженія и сравнительно быстрой смѣнѣ условій, что связано съ измѣненіемъ сбраживаемой среды.

Въ силу этого извѣстная часть массы дрожжей, находящихся въ бродящей жидкости, не будучи въ достаточной мѣрѣ приспособленными къ условіямъ того или другого періода броженія, оказываются не въ состояніи проявить всю свою дѣеспособность, которую онѣ могли бы обнаружить, освоившись въ теченіе болѣе продолжительнаго времени съ условіями данной среды.

Въ результатѣ бродильная сила многихъ дрожжевыхъ клѣтокъ ослабляется. При малой производительности спирта, а слѣдовательно и углекислоты, сила, увлекающая клѣточку вверхъ, оказывается при этомъ недостаточной, вслѣдствіе чего дрожжевая клѣточка осѣдаетъ на дно бродильнаго сосуда, лишаясь такимъ образомъ одного изъ важныхъ жизненныхъ средствъ, именно — пере-

движенія въ сбраживаемой жидкости. При этихъ условіяхъ, использовавъ питательныя вещества окружающей среды въ сферѣ своего дѣйствія, дрожжевая клѣтка начинаетъ очень скоро страдать отъ недостатка питанія и отъ неблагоприятнаго вліянія продуктовъ своей жизнедѣятельности, окружающихъ ее. Въ концѣ концовъ такая ослабѣвшая дрожжевая клѣточка не только не содѣйствуетъ, напротивъ того, затрудняетъ правильное теченіе броженія, такъ какъ начинаетъ обогащать бродящую жидкость не столько этиловымъ алкоголемъ, сколько нежелательными для самихъ же дрожжей продуктами процесса ихъ самоперевариванія.

Такимъ образомъ, при рассматриваемомъ періодическомъ способѣ сбраживанія происходитъ постепенное фракціонированное осажденіе и отчасти отмираніе дрожжей, становящихся при этомъ въ извѣстной мѣрѣ недѣтельными.

По мнѣнію Delbrück'a ¹⁾ въ періодъ дображиванія сначала садятся слабыя, а затѣмъ черезъ нѣкоторый промежутокъ времени даже и наиболѣе сильныя дрожжи, къ которымъ относятся: во-первыхъ, дрожжи съ большимъ запасомъ цимазы и съ малою пептонеизирующей способностью; во вторыхъ, дрожжи съ наиболѣе тонкой клѣточной оболочкой,—это молодыя клѣтки послѣднихъ генерацій и, наконецъ, въ третьихъ, дрожжи сильнѣйшія, наиболѣе гатыя энзимами.

Послѣдовательное выдѣленіе различныхъ фракцій дрожжей особенно наглядно можно наблюдать въ низовомъ пивовареніи, гдѣ это явленіе имѣетъ практическую цѣнность и рѣшающее значеніе для поддержанія чистоты броженія. Какъ извѣстно, изъ осадка дрожжей, образующагося на днѣ отработавшей пивоваренной бродильной кади, въ дальнѣйшую работу идутъ дрожжи только опредѣленнаго качества и, слѣдовательно, соответствующихъ генерацій, располагающіяся только на извѣстной высотѣ отсѣвшаго дрожжевого слоя. Все вышеизложенное приводитъ къ заключенію о томъ, что броженіе въ каждый отдѣльный періодъ его обусловливается работой не всей массы имѣющихся дрожжей, но поддерживается главнымъ образомъ дѣятельностью лишь опредѣленныхъ генерацій дрожжей, наиболѣе приспособленныхъ къ условіямъ среды даннаго періода броженія. Къ концу послѣдняго періода остается относительно очень немного дѣятельныхъ свободно плавающихъ въ бродящей жидкости клѣточекъ. Остальная масса дрожжей садится на дно, при чемъ значительная часть ея ока-

¹⁾ „Handb. d. Spiritusfabrikation“ Maercker-Delbrück 8 Aufl. 549 стр.

зывается или бесполезной и даже вредной при дальнѣйшемъ броженіи по указаннымъ уже причинамъ. Въ силу этого удаленіе изъ бродящей жидкости такого рода дрожжей въ извѣстный періодъ представляется цѣлесообразнымъ и въ иныхъ случаяхъ даже необходимымъ. Это имѣетъ мѣсто тогда, когда въ готовомъ продуктѣ броженія приходится считаться не только съ количествомъ заключающагося въ немъ спирта, но также съ качествомъ и количествомъ всѣхъ веществъ, находящихся въ немъ въ растворенномъ состояніи помимо спирта. Всѣ эти вещества являются здѣсь очень важными факторами относительно оцѣнки качества готоваго продукта, такъ какъ ими въ значительной мѣрѣ опредѣляются такія рѣшающія стороны его,—какъ вкусъ и аромат. Примѣромъ такого случая можетъ служить пивовареніе и винодѣліе.

Освобожденіе бродящей жидкости отъ извѣстной части дрожжей въ иныхъ случаяхъ имѣетъ также цѣлью прервать процессъ броженія въ опредѣленную стадію его, дальше которой не желательно вести выбраживаніе. Освобожденіе бродящей жидкости отъ осадившихся дрожжей возможно осуществить или сливаніемъ сброженнаго субстрата съ осадка дрожжей или же осторожнымъ спусканіемъ послѣднихъ со дна бродильнаго сосуда вмѣстѣ съ небольшимъ количествомъ увлекаемой ими жидкости. Первый приемъ отдѣленія дрожжей примѣняется при обычномъ періодическомъ сбраживаніи въ пивовареніи въ чанахъ и бочкахъ, а также при Grünwald-скомъ и при американскомъ способѣ броженія; второй приемъ имѣетъ мѣсто при способѣ броженія, предложенномъ для пивоваренія Nathan-омъ.

Для того, чтобы дать представленіе о томъ, какъ протекаетъ процессъ броженія при каждомъ изъ названныхъ способовъ и чѣмъ они отличаются въ этомъ смыслѣ какъ другъ отъ друга, такъ и отъ простѣйшаго способа періодическаго сбраживанія, ходъ котораго изображенъ діаграммой чертежа № 1, остановимся на краткой характеристикѣ каждаго изъ нихъ.

Въ пивовареніи какъ нижняго, такъ и верхняго броженія наиболѣе распространеннымъ является способъ сбраживанія, распадающійся на двѣ самостоятельно идущія стадіи. Первая изъ нихъ, связанная съ работой въ открытыхъ чанахъ, проходитъ относительно быстро и при температурѣ высшей сравнительно съ той, которая имѣетъ мѣсто во вторую стадію броженія. Ко времени достиженія желательной степени сбраживанія, обычно отвѣчающей выбраживанію большей части сахара, подлежащаго переходу въ спиртъ и уксусную кислоту, главная масса образовавшихся дрожжей осѣдаетъ на дно бродильнаго сосуда.

Стоящее надъ осадкомъ сусло осторожно сливается съ послѣд-
няго и съ относительно небольшою частью плавающихъ наибо-
лѣе сильныхъ энергично работающихъ въ данный періодъ бро-
женія дрожжей переводится въ другой сосудъ. Послѣ этого бро-
женіе продолжается при нѣкоторомъ пониженіи температуры
сначала при нормальномъ, а потомъ при нѣсколько повышенномъ
давленіи, вызываемомъ образованіемъ углекислоты въ бродящей
жидкости и плотнымъ закрываніемъ наглухо бродильнаго сосуда
на опредѣленное время въ теченіе этого періода.

Къ концу второй стадіи броженія все нерастворимое, а въ
томъ числѣ и дрожжи осаждаются. Готовый продуктъ осторожно
сливается съ осадка, который идетъ въ отбросъ.

Для каждой новой порціи сбраживаемаго сусла дрожжи обыч-
но берутся изъ осадка ихъ, образующагося въ предыдущей порціи
при первой стадіи броженія. Для этой цѣли отбирается опредѣ-
ленная фракція, отвѣчающая среднему слою осадка дрожжей.
Остальное идетъ въ отбросъ. Количество задаваемыхъ дрожжей
таково, что на каждую заданную клѣточку образуется при бро-
женіи отъ 2 до 6 новыхъ.

При Grünwald-скомъ способѣ ¹⁾ весь процессъ сбраживанія
распадается на 4 стадіи, изъ которыхъ каждая протекаетъ въ от-
дѣльномъ сосудѣ. При этомъ дрожжи передъ задаваніемъ смѣши-
ваются при 12,5° R. съ пятью процентами одновременно сбражи-
ваемаго сусла и задаются при 10° R. Первая стадія броженія
заканчивается появленіемъ высокихъ завитковъ при чемъ темпе-
ратура постепенно опускается до 8° R. Затѣмъ сусло перекачивает-
ся въ слѣдующій бродильный сосудъ, гдѣ протекаетъ вторая ста-
дія, связанная съ дальнѣйшимъ пониженіемъ температуры до 6° R.

Осажденіе дрожжей отвѣчаетъ началу третьяго періода, къ
наступленію котораго бродящая жидкость переводится опять въ
новый, уже въ третій сосудъ. Четвертая стадія отвѣчаетъ окон-
чательному вызрѣванію пива и проходитъ въ бочкахъ обычнымъ
порядкомъ.

Американскій способъ ²⁾ сбраживанія характеризуется тѣмъ, что
въ немъ броженіе разбивается на нѣсколько періодовъ, изъ кото-
рыхъ каждый, какъ и въ Grünwald-скомъ способѣ, проходитъ въ
особомъ бродильномъ сосудѣ, емкость которыхъ различна.

При этомъ способѣ бродильное помѣщеніе представляетъ собой
многоэтажное зданіе. На верхнемъ изъ нихъ, обычно пятомъ, рас-

1) „Illustr. Brauerei-Lexikon“ Delbrück 1910 г. 449 стр.

2) „Illustr. Brauerei-Lexikon“ Delbrück 21 стр.

полагаются холодильные аппараты для горячаго сусла. Въ четвертомъ—сосуды для задачи къ суслу дрожжей, послѣ прибавленія которыхъ броженіе здѣсь продолжается 1—2 дня.

Отсюда сусло направляется уже въ собственно бродильные чаны, стоящіе на третьемъ этажѣ, гдѣ протекаетъ главное броженіе. По окончаніи послѣдняго бродящая жидкость переводится въ сосуды, находящіеся еще этажемъ ниже. Тутъ же при сравнительно продолжительномъ выдерживаніи проходитъ окочательное выбраживаніе и освѣтлѣніе, въ большинствѣ случаевъ при помощи стружекъ. Отсюда пиво послѣ корбонизаціи идетъ въ продажу.

Способъ выбраживанія Nathan-a¹⁾ имѣетъ цѣлью полученіе готоваго пива при низовомъ выбраживаніи въ теченіе 8—10 дней. Средствами, позволяющими ограничиться такимъ короткимъ срокомъ, являются: примѣненіе разрѣженія и періодическое перемѣшиваніе во время броженія, проводимаго при 10—13° С. Броженіе проходитъ исключительно въ одномъ только закрытомъ сосудѣ, являющемся здѣсь въ формѣ специально сконструированнаго аппарата. Послѣдній снабженъ водянымъ поверхностнымъ холодильникомъ, мѣшалкой, приспособленіями для спуска дрожжей, для пропусканія черезъ жидкость и надъ нею газовъ, и нѣкоторыми другими приспособленіями, позволяющими наблюдать и контролировать теченіе процесса выбраживанія.

Въ любой моментъ бродильный аппаратъ можетъ быть соединенъ съ вакуумомъ, вызывающимъ въ немъ разрѣженіе. Работа при этомъ способѣ идетъ такъ: горячее сусло непосредственно изъ заторнаго отдѣленія поступаетъ въ бродильный аппаратъ; здѣсь оно охлаждается при совмѣстномъ дѣйствіи поверхностнаго холодильника, мѣшалки и при просасываніи воздуха надъ поверхностью охлаждаемаго сусла. При пониженіи температуры сусла до 50—60° С. воздухъ замѣняется углекислотой. Эта замѣна имѣетъ цѣлью устранить возможность слишкомъ большого размноженія дрожжей, связаннаго со слишкомъ высокой степенью выбраживанія.

По охлажденіи до 10° С. въ сусло прививаются дрожжи засасываніемъ въ аппаратъ соответствующаго количества густыхъ дрожжей, которыя послѣ этого основательно перемѣшиваются въ теченіе часа съ суслomъ для равномернаго распредѣленія ихъ въ жидкости. Какъ только повышеніе давленія, наблюдаемое по манометру, укажетъ на образованіе углекислоты въ аппаратѣ, послѣдній соединяется съ вакуумомъ, подѣ постояннымъ дѣйствіемъ

¹⁾ „Die Gärungsführung“ Delbrück und Hayduck 1911 г. 65 стр.

котораго проходитъ весь процессъ броженія. Мѣшалка работаетъ періодически. Первоначально очень интенсивное размноженіе дрожжей очень скоро прекращается.

Осажденіе дрожжей благодаря періодически повторяющемуся перемѣшиванію наступаетъ сразу и проходитъ быстро. При этомъ дрожжи, осѣдающія на коническомъ днѣ бродильнаго сосуда, по мѣрѣ ихъ накопленія, удаляются отсасываніемъ. На 6—7 день броженія достигается почти полное удаленіе главной массы дрожжей. Послѣ этого начинается продуваніе черезъ бродящую жидкость углекислоты. Сверху аппарата она отсасывается, пропускается черезъ очистительные приборы и снова проводится черезъ сбраживаемое въ аппаратѣ сусло. Эта операція многократной продувки углекислоты черезъ отбродившее еще невыдержанное пиво имѣетъ цѣлью удаленіе изъ него букета незрѣлаго молодого пива.

Далѣе температура содержимаго въ аппаратѣ понижается до 2° С. и туда уже подъ нѣкоторымъ давленіемъ вводится углекислота для насыщенія находящагося въ аппаратѣ пива, дѣлающагося послѣ этого готовымъ продуктомъ.

Броженіе подъ разрѣженіемъ, отчасти примѣненное въ способѣ, Nathan-a, въ болѣе широкомъ масштабѣ имѣетъ мѣсто въ способѣ, ранѣе предложенномъ, въ которомъ броженіе подъ разрѣженіемъ составляло главную характерную его черту. Это—способъ сбраживанія, называемый *Vakuumgärung* ¹⁾.

Цѣль способа въ сокращеніи продолжительности броженія преимущественно періода дображиванія.

Такимъ образомъ, періодъ главнаго броженія проводился обычнымъ порядкомъ въ открытыхъ чанахъ, тогда какъ дображиваніе шло уже въ закрытыхъ металлическихъ внутри эмалированныхъ сосудахъ съ коническимъ дномъ, снабженныхъ манометрами, термометрами, вакуометрами и т. п. Дображиваніе велось при этомъ способѣ подъ постояннымъ разрѣженіемъ около 50 сент. давленія ртутнаго столба и заканчивалось въ 8—10 дней. Послѣ этого разрѣженіе устранялось и пиво оставлялось въ томъ же сосудѣ на 3—4 дня для осажденія суспендированныхъ веществъ, а затѣмъ производилось насыщеніе углекислотой.

Всѣ вышеизложенные способы сбраживанія, предложенные въ пивовареніи, характеризуются тѣмъ, что весь процессъ броженія разбивается при этомъ на отдѣльные періоды, проводимые самостоятельно. Это обстоятельство имѣетъ существенное значеніе.

¹⁾ „Technologie d. Landwirtsch. Gewerbe“ В. F. v. Possaner III т. 300 стр.

Если сбраживание ведется отъ начала до конца въ одномъ и томъ же сосудѣ при совмѣстномъ и постоянномъ присутствіи сбраживаемаго субстрата и всей массы образовавшихся дрожжей, то въ этомъ случаѣ приходится для каждаго изъ періодовъ броженія выбирать не наиболѣе подходящія для него условія, а нѣсколько иныя, именно тѣ, при которыхъ интересы другихъ періодовъ, наиболѣе отличныхъ по требованіямъ отъ даннаго, наименѣе страдаютъ. Причина этого понятна: она лежитъ въ различіи условій, а слѣдовательно и требованій въ отдѣльныя стадіи броженія и въ невозможности при сбраживаніи въ одномъ только сосудѣ рѣзко разграничить отдѣльные періоды броженія другъ отъ друга.

Подъ требованіями того или другого періода, съ точки зрѣнія процесса броженія, приходится понимать совокупность всѣхъ условій, благоприятствующихъ работѣ дрожжей. Но масса ихъ, находящаяся въ бродящей жидкости, не представляется чѣмъ-либо неизмѣннымъ и однороднымъ. Она содержитъ въ себѣ сильныя энергично работающія, а также отживающія слабыя и, наконецъ, мертвыя клѣточки.

Условіями наиболѣе благоприятными для броженія будутъ, слѣдовательно, тѣ, которыя отвѣчаютъ наилучшей работѣ сильнѣйшей фракціи даннаго періода. Но при этомъ очень возможно, что эти „лучшія условія“ для сильнѣйшей фракціи дрожжей даннаго періода могутъ одновременно оказаться „худшими“ для слабыхъ, въ силу чего послѣднія окончательно погибнуть, быстро лишившись жизни при такихъ условіяхъ. Послѣднее приводитъ къ тому, что эти мертвыя и отживающія свой вѣкъ дрожжи подъ вліяніемъ факторовъ какъ внѣшнихъ, такъ и лежащихъ въ нихъ самихъ, при этихъ условіяхъ начинаютъ разрушаться и быстро обогащать сбраживаемое сусло продуктами своего распада. Указанное обстоятельство является особенно нежелательнымъ тамъ, гдѣ качество готоваго продукта въ значительной мѣрѣ оцѣнивается со стороны вкуса и аромата его. Поэтому удаленіе слабыхъ и отмирающихъ дрожжей во время броженія всегда имѣетъ мѣсто въ большей или меньшей мѣрѣ во всѣхъ способахъ сбраживанія въ пивовареніи. Съ этой стороны всѣ они отличаются отъ простѣйшаго способа сбраживанія, при которомъ процессъ броженія протекаетъ исключительно въ одномъ сосудѣ безъ отдѣленія во время броженія осаждающихся дрожжей. Такой простѣйшій способъ сбраживанія принятъ винокуреннымъ и воздушно дрожжевымъ производствомъ. Иное отношеніе со стороны винокуренія сравнительно съ пивовареніемъ къ указанному

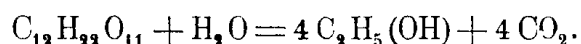
вопросу отдѣленія дрожжей во время броженія опредѣляется слѣдующимъ.

Цѣлью винокуреннаго производства является только спиртъ, т. е. возможно полное превращеніе въ него всего сахара, имѣющагося въ сбраживаемомъ суслѣ. Вкусъ и аромать, связанные съ составомъ побочныхъ продуктовъ броженія, въ данномъ случаѣ совершенно не имѣютъ значенія, такъ какъ вещества, вызывающія эти свойства такъ же, какъ и все остальное, имѣющее мѣсто въ сброженномъ суслѣ, нацѣло отдѣляется отъ готоваго продукта броженія, каковымъ является ректификованный спиртъ. Въ виду всего этого въ винокурениі совершенно не имѣетъ мѣсто отдѣленіе во время броженія слабыхъ постепенно выпадающихъ дрожжей.

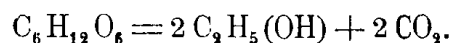
Съ перваго взгляда такая операція могла бы даже показаться противорѣчащей самой основной цѣли сбраживанія въ винокурениі, именно—полученію наибольшаго количества спирта. Въ самомъ дѣлѣ, если побочные продукты броженія, усиленно производимые отмирающими и слабыми дрожжами, совершенно не имѣютъ отрицательнаго значенія для цѣлей винокуренія, какъ не входящія въ готовый продуктъ, то въ этомъ случаѣ постепенно выходящія изъ сферы дѣйствія слабѣющія дрожжи могутъ все же трактоваться, какъ полезные работники. Правда, ихъ производительность очень невелика, но все же они даютъ нѣкоторую слагающую въ общей работѣ. Такого рода воззрѣніе, повидимому, и лежитъ въ основѣ принятаго въ настоящее время способа сбраживанія въ винокуренномъ производствѣ.

Однако правильность такого взгляда еще далеко не рѣшается только приведенными соображеніями. Въ данномъ случаѣ является очень существеннымъ, во-первыхъ, отношеніе дѣятельной, энергичной въ смыслѣ производительности алкоголя фракціи дрожжей къ продуктамъ, производимымъ дрожжами ослабѣвшими и отмирающими, а, во-вторыхъ, отношеніе послѣднихъ къ образовавшемуся этиловому спирту. Если выходящія изъ сферы дѣйствія дрожжи понижаютъ полезную работу дѣятельной массы дрожжей или же вызываютъ потерю спирта, напр., сожигая его въ значительномъ количествѣ, то при извѣстномъ масштабѣ этихъ процессовъ удаленіе изъ бродящаго сусла осаждающихся дрожжей явится безусловно необходимымъ и для винокуренія. Въ противномъ случаѣ при этихъ условіяхъ безразличное отношеніе къ извѣстной части дрожжей, находящихся въ сбраживаемой жидкости, такое отношеніе, какое имѣетъ мѣсто въ настоящее время въ винокурениі, было бы ошибкой. Такимъ образомъ, выдвигаетъ

ся пока почти совершенно не затронутый вопросъ объ отношеніи отработавшихъ дрожжей бродящей жидкости къ находящемуся въ ней алкоголю и къ полезной работѣ дѣятельной фракціи массы дрожжей, образовавшихся въ теченіе броженія. Въ тѣсной связи съ этимъ стоитъ выясненіе положенія о томъ, сколько разъ во время броженія и въ какія стадіи его должно производить отдѣленіе нежелательной части дрожжей и какъ это можетъ отразиться на теченіи броженія, а также на качествѣ и количествѣ готоваго продукта. Последнее касается уже вопроса о тратѣ сбраживаемаго вещества при алкогольномъ броженіи. Подъ потерей или тратой понимается расходъ сбраживаемаго вещества на тѣ явленія и процессы, связанные съ броженіемъ, которые непосредственно не приводятъ къ превращенію исходнаго матеріала въ конечные продукты броженія. Подъ послѣдними же подразумѣвается: экстрактъ, оставшійся несброженнымъ, образовавшійся алкоголь и выдѣлившаяся при броженіи углекислота, взятая въ извѣстномъ количественномъ соотношеніи къ образовавшемуся алкоголю, опредѣляемомъ имѣющимся сахаромъ и отвѣчающимъ ему уравненіемъ броженія. При сбраживаніи, напр., пивовареннаго или винокуреннаго сусла количественное соотношеніе спирта и CO_2 опредѣлится уравненіемъ броженія мальтозы:



Въ винодѣліи, гдѣ сбраживаемымъ сахаромъ является главнымъ образомъ глюкоза, уравненіе броженія должно быть взято въ такой формѣ:



Явленіе траты при броженіи обуславливается въ нѣкоторой мѣрѣ извѣстнымъ расходомъ сбраживаемаго вещества на построеніе тѣла вновь образующихся дрожжей и поддержаніемъ ихъ. Диаграмма броженія (см. черт. № 1 стр. 3) съ минимальными прививками говоритъ за то, что при этихъ условіяхъ значительный періодъ сравнительно съ продолжительностью всего процесса броженія занятъ накопленіемъ массы дрожжей.

Практика отдѣльныхъ производствъ техники алкогольнаго броженія значительно сокращаетъ продолжительность періода накопленія дрожжей, беря для прививки въ сбраживаемое сусло не минимальное количество ихъ, а значительныя массы, колеблющіяся приблизительно отъ $\frac{1}{10}$ до $\frac{1}{4}$ всего того количества дрожжей, которое можетъ образоваться къ концу броженія въ данномъ объемѣ сбраживаемаго сусла. При этомъ для каждой послѣдующей пробы дрожжи берутся отъ предыдущей, чѣмъ устанавли-

вается преимущественная связь между отдѣльными пробами сбраживаемаго сусла. Прибавка значительнаго количества, такъ называемыхъ „маточныхъ“ дрожжей, имѣетъ значеніе и въ смыслѣ уменьшенія величины траты, которая будетъ тѣмъ ниже, чѣмъ больше берется дрожжей для прививки.

Но при періодичности работы сбраживанія, когда послѣднее ведется не во всей массѣ, предназначенной для броженія жидкости, а въ отдѣльныхъ сравнительно небольшихъ его количествахъ, самостоятельно обрабатываемыхъ, трата на дрожжи не можетъ быть совершенно устранена даже такими количествами маточныхъ дрожжей, которыя были бы таковы, что всѣ дрожжи, полученныя при окончаніи броженія въ предыдущей порціи сусла, цѣликомъ задавались бы въ слѣдующую равную ей по величинѣ и предназначенную для броженія. Причина этого лежитъ въ томъ, что при періодической работѣ дрожжи въ каждой отдѣльной пробѣ сбраживаемаго сусла проходятъ черезъ 3 существенно различныя стадіи: они накаплиются, развиваются и отмираютъ. При этомъ за время отъ начала до конца броженія масса образующихся дрожжей претерпѣваетъ извѣстныя количественныя измѣненія, имѣющія свой минимумъ и максимумъ. Послѣдній не отвѣчаетъ конечной стадіи броженія, а какой-то промежуточной. Это объясняетъ, почему при способѣ періодическаго сбраживанія въ заводскихъ условіяхъ, даже въ самомъ лучшемъ случаѣ, является неизбѣжнымъ нѣкоторое размноженіе маточныхъ дрожжей и связанная съ нимъ опредѣленная трата экстракта сбраживаемаго сусла.

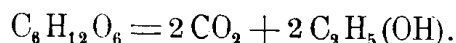
Въ условіяхъ практики отдѣльныхъ производствъ техники алкогольнаго броженія въ силу многихъ привходящихъ обстоятельствъ и спеціальныхъ требованій маточныя дрожжи, какъ было указано, обычно составляютъ отъ $\frac{1}{10}$ до $\frac{1}{4}$ всего ихъ количества, получающагося къ концу броженія. При такихъ условіяхъ трата на дрожжи представляетъ собой уже такую величину, въ колебаніяхъ которой можетъ быть заинтересована даже практическая сторона производства. Уменьшеніе траты на дрожжи можетъ стоять въ извѣстномъ отношеніи къ увеличенію выхода готоваго продукта.

Такимъ образомъ, трата на дрожжи является одной изъ характерныхъ особенностей періодическаго сбраживанія, изученіе которой можетъ дать возможность ближе подойти къ критической оцѣнкѣ этого всюду широко распространеннаго способа сбраживанія, почему эту сторону разбираемаго явленія слѣдуетъ разсмотрѣть нѣсколько ближе и подробнѣе.

ГЛАВА II.

Трата и колебанія ея величины при періодическомъ сбраживаніи.

Первое изслѣдованіе алкогольнаго броженія съ количественной стороны было предпринято творцомъ всей современной химіи—Lavoisier, который пришелъ къ заключенію о томъ, что сущность этого процесса въ значительной мѣрѣ исчерпывается расщепленіемъ сахара на этиловый спиртъ и углекислоту. ¹⁾ Дальнѣйшія изслѣдованія въ этомъ направленіи привели къ химическому уравненію алкогольнаго броженія, которое впервые далъ Gay-Lussac. ²⁾ Съ поправками на химическія формулы сахара и спирта, первоначально взятыя ошибочно, уравненіе броженія получало такой видъ. ³⁾



Это равенство говоритъ за то, что въ то время алкогольное броженіе разсматривалось какъ процессъ, при которомъ: во-первыхъ, сбраживаемый сахаръ полностью переходитъ въ спиртъ и углекислоту и, во-вторыхъ, что эти продукты броженія всегда образуются въ постоянномъ количественномъ отношеніи. Но уже опыты Dubrunfaut ⁴⁾ показали, что практически невозможно достигнуть такихъ выходовъ продуктовъ броженія, какіе теоретически должны были бы получиться по уравненію Gay-Lussac-а. Далѣе обширныя изслѣдованія Pasteur-а ⁵⁾ опредѣленно установили, что часть сбраживаемаго сахара постоянно расходуется на построение вещества вновь возникающихъ дрожжей и на образованіе побочныхъ продуктовъ броженія, нѣкоторые изъ которыхъ Pasteur опредѣлилъ качественно и количественно ⁶⁾. Elion ⁷⁾ доказалъ, что

¹⁾ Ann. de chim. et de phys. (3 sér.) 1860 г. 58 т. 325 стр.

²⁾ тамъ-же 328 стр.

³⁾ „Die Gärungschemie“ Ad. Mayer. 1906 г. 24 стр.

⁴⁾ Compt. rend. de l'Ac. 1856 г., 42 т., стр. 945.

⁵⁾ „Mémoire sur la fermentation alcoolique“ Pasteur Ann. de chim. et de phys. (3 sér.) 1860 г. 323 стр.

⁶⁾ „Etudes sur le vin“ Pasteur 214 стр.

⁷⁾ „Handb. d. Techn. Myk.“ Lafur IV, 373 стр.

часть сбраживаемаго сахара ассимилируется дрожжами, благодаря чему не превращается въ конечные продукты броженія. Такимъ образомъ, оказалось, что при броженіи сахаръ полностью не переходитъ въ спиртъ и углекислоту, какъ это трактовалось уравненіемъ Gay-Lussac-a. Судя по опытамъ Pasteur-a ¹⁾, Jodlbauer-a ²⁾, Kosutany ³⁾ и др. въ наилучшемъ случаѣ изъ всего сбраживаемаго сахара только около 95% переходитъ въ спиртъ и углекислоту. Что же касается существованія постоянного количественнаго соотношенія между образующимися при броженіи спиртомъ и углекислотой, какое предполагалось по уравненію Gay-Lussac-a, то оказалось, что и оно въ дѣйствительности не всегда имѣетъ мѣсто.

Дрожжи въ извѣстныхъ условіяхъ могутъ нуждаться, какъ и высшіе организмы, въ кислородѣ, при чемъ происходитъ образование углекислоты безъ соотвѣтствующаго возникновенія алкоголя. Такъ Giltay и Aberson ⁴⁾ нашли, что во время броженія съ сильнымъ продуваніемъ воздуха, только 75% отъ сбраживаемаго сахара разлагается въ отношеніяхъ, опредѣляемыхъ уравненіемъ броженія, тогда какъ безъ продуванія такимъ образомъ разлагается 90%. Laer ⁵⁾ показалъ, что нѣкоторый избытокъ углекислоты, получающейся при броженіи съ продуваніемъ, есть результатъ дыханія дрожжей. Buchner и Rapp ⁶⁾ установили, что количество углекислоты, получающейся исключительно за счетъ дыханія дрожжей сожиганіемъ сахара, можетъ при извѣстныхъ условіяхъ достигать $\frac{1}{7}$, считая на все количество сброженнаго сахара. По опытамъ Jodlbauer a ⁷⁾ количественное отношеніе между образующимися при броженіи спиртомъ и углекислотою въ извѣстной степени опредѣляется возрастомъ дрожжей, примѣненныхъ для сбраживанія, при чемъ болѣе старыя культуры образуютъ относительно меньше углекислоты, чѣмъ культуры сильныхъ молодыхъ дрожжей, а данныя опытовъ Lindet и Marsais ⁸⁾ говорятъ о зависимости того же отношенія отъ фазы броженія. При этомъ оказывается, что въ началѣ процесса броженія образование алкоголя идетъ относительно сильнѣе, чѣмъ въ концѣ его.

1) Ann. de chim. et de phys. (3 sér.) 1860 г. 58 т. 341 стр.

2) Z. itschr. d. Ver. f. d. Rübenzuck. Ind. 1888 г. 348 стр.

3) Die landwirtschaftl. Versuchs-Station. 1907 г. XLIX т. 174 стр.

4) „Die Gärungschemie“ Ad. Mayer. 164 стр.

5) „Die Gärungschemie“ Ad. Mayer. 163—164 стр.

6) „Die Zymasegärung“ Buchner. 387 стр.

7) Zeitschr. d. Ver. f. d. Rübenzuck. Ind. 1888 г. 325 стр.

8) Ann. de la Brasserie et de la Destillirie 1905 г. 3 стр., цит. по Woch. f. Brauer. 1905 г. 85 стр.

Еще одной изъ причинъ, вызывающихъ нарушеніе постоянства въ соотношеніи образующихся при броженіи спирта и углекислоты, является также жизнедѣятельность дрожжей послѣ исчезновенія всего сахара въ сбраживаемой жидкости. По опытамъ Kauser и Demolon ¹⁾ при этомъ между прочимъ происходятъ окислительные процессы, вызывающіе образованіе углекислоты безъ соотвѣтствующаго ему по уравненію броженія накопленія спирта, такъ какъ въ данномъ случаѣ углекислота возникаетъ не за счетъ работы цимазы, а какъ результатъ главнымъ образомъ дѣятельности оксидазъ, наличность которыхъ въ дрожжахъ доказываютъ Tolomei ²⁾ Grüss ³⁾ Henneberg ⁴⁾ Issajew ⁵⁾ и другіе. По мнѣнію Efront-a ⁶⁾ при извѣстныхъ условіяхъ углекислота можетъ образоваться въ очень значительныхъ количествахъ не только за счетъ углеводовъ, но и бѣлковъ.

Все выше изложенное приводитъ къ заключенію того, что изъ сбраживаемаго сахара только одна часть его превращается въ спиртъ и въ углекислоту, другая же переходитъ въ вещество дрожжей, а также въ побочные продукты броженія и, наконецъ, извѣстное количество сахара претерпѣваетъ превращенія, приводящія къ образованію углекислоты безъ отвѣчающаго ему накопленія спирта. Pasteur принималъ, что изъ 100 вѣсовыхъ частей сброженнаго сахара на образованіе дрожжей расходуется 1,0—1,5% ⁷⁾, на побочные продукты идетъ 4.5—6.0% ⁸⁾ его, изъ которыхъ получается 2,5—3,6 вѣс. частей глицерина, 0,5—0,7% янтарной кислоты и нѣкоторое количество прочихъ веществъ, имѣющихся въ дрожжахъ и въ сброженномъ субстратѣ.

Такимъ образомъ, по мнѣнію Pasteur-a, глицеринъ и янтарная, кислота,—эти, какъ онъ предполагалъ, постоянные спутники алкогольнаго броженія, являются якобы главной причиной траты сахара на побочные продукты броженія. При чемъ величина этой траты, по мнѣнію Pasteur-a, должна была всегда колебаться въ данныхъ имъ границахъ. Между тѣмъ позднѣе было установлено, что количество побочныхъ продуктовъ можетъ значительно уклоняться отъ предѣловъ, намѣченныхъ Pasteur-омъ, что находится

1) Wochenschr. f. Brauer. 1909 г. 446—447 стр.

2) „Die Enzyme“ Green—Windisch 1901 г. 309 стр.

3) Wochenschr. f. Brauer. 1901 г. 310 стр.

4) Zeitschr. f. Spir.—Ind. 1904 г. 96 стр.

5) Zeitschr. f. physiol. Chem. 1904 г. 132 стр.

6) Wochenschr. f. Brauer. 1905 г. 444 стр.

7) Ann de chim. et de phys. 1860 г. (3 Sér.) 58—m. 344 стр.

8) тамъ же 362 стр.

С. Д. К.

въ зависимости отъ такихъ факторовъ, какъ: температура и скорость броженія, его фаза, индивидуальность сбраживаемаго сахара, раса дрожжей и многое другое.

Все выше указанное, въ связи съ колебаніями количествъ получающихся глицерина и янтарной кислоты, привело Müller-Thurgan и Wortmann-a ¹⁾ къ взгляду, трактующему названные продукты броженія, какъ не имѣющіе прямого отношенія къ сбраживаемому сахару. Поэтому источникомъ, за счетъ котораго они возникаютъ, можетъ быть не только сахаръ, но и иныя вещества. По мнѣнію Delbrück-a ²⁾, напр., глицеринъ образуется работой липазы дрожжей за счетъ превращенія жировъ. Boussingault ³⁾ получилъ его изъ дрожжей при стояніи ихъ подъ водой температуры 40—41° С. Это позволяло предположить образование глицерина за счетъ лецитина дрожжей, открытаго въ нихъ Hoppe-Seyler-омъ ⁴⁾. По мнѣнію Blumenthal-я и Grüss-a ⁵⁾ исходнымъ веществомъ для янтарной кислоты наравнѣ съ углеводами могутъ служить и бѣлки, вѣрнѣе продукты распада ихъ. Эти же производныя бѣлковъ по F. Ehrlich-у ⁶⁾ являются матеріаломъ, за счетъ котораго возникаютъ также высшіе спирты, представляющіе собой главную часть сивушнаго масла сырыхъ спиртовъ, получаемыхъ въ винокуренномъ производствѣ. Но главный расходъ продуктовъ распада бѣлковъ связанъ при алкогольномъ броженіи съ образованіемъ дрожжей.

Изъ всего выше изложеннаго ясно, что сбраживаемый сахаръ расходуется не только на образованіе этиловаго спирта и углекислоты, но тратится также и на побочные продукты, въ возникновеніи которыхъ принимаютъ участіе и нѣкоторыя другія вещества, находящіяся въ растворѣ сбраживаемаго субстрата.

Признавая наличность дрожжей при броженіи, Lavoisier ⁷⁾ тѣмъ не менѣе считалъ ихъ не имѣющими значенія въ количественныхъ соотношеніяхъ спирта и углекислоты, образующихся изъ сахара.

Того же взгляда, повидимому, былъ и Gay-Lussac, судя по данному имъ уравненію броженія. Однако Pasteur ⁸⁾, основываясь

¹⁾ „Die Zymasegärung“ 217 стр.

²⁾ Wochenschr. f. Brauer. 1902 г. 25 стр. и 1903 г. 66 стр.

³⁾ Ann. de chim. et de phys. 1881, 5 sér, 22, стр. 118.

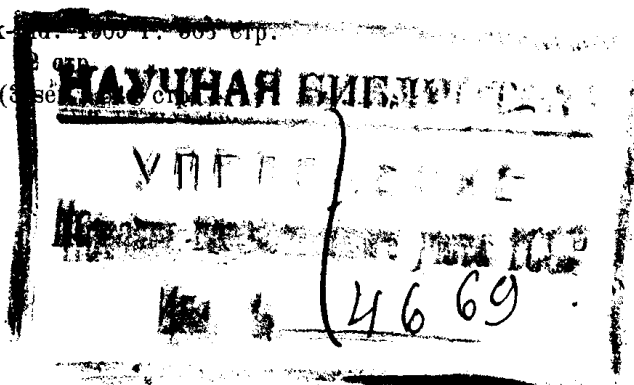
⁴⁾ „Hand. d. techn. Myk.“ Lafar. I, 284 стр.

⁵⁾ тамъ же Lafar IV, 383 стр.

⁶⁾ Zeitschr. d. Ver. d. deutsch. Zuck-... 1900 I. 303 стр.

⁷⁾ „Die Gärungschemie“ Ad. Mayer.

⁸⁾ Ann. de chim. et de phys. — 860 (3 sér.)



на опытахъ, пришелъ къ другимъ заключеніямъ, считая, что образование дрожжей вызываетъ извѣстную трату сбраживаемаго сахара, численную величину которой онъ опредѣлилъ въ 1,0—1,5⁰/₀ отъ количества послѣдняго.

Въ виду практической невозможности, какъ по отношенію дрожжей, такъ и относительно нѣкоторыхъ другихъ побочныхъ продуктовъ алкогольнаго броженія строго отдѣлить трату сахара отъ траты прочихъ составныхъ частей сбраживаемаго субстрата, представлялось болѣе удобнымъ связать извѣстной численной зависимостью всю сумму растворенныхъ веществъ сбраживаемой жидкости съ суммой всѣхъ продуктовъ броженія.

Это и было въ извѣстной степени выполнено Balling-омъ ¹⁾. По его изслѣдованіямъ 100 вѣс. частей сброженнаго экстракта пивовареннаго сусла даютъ: 48,391 вѣс. частей алкоголя, 46,286—углекислоты и 5,323—дрожжей, считая послѣднія на сухое вещество, заключающееся въ нихъ. При виноградномъ же суслѣ изъ 100 вѣс. частей сброженнаго экстракта получается 49.977 вѣс. частей алкоголя, 47.803—углекислоты и 2.219—дрожжей.

Такимъ образомъ, при сбраживаніи въ условіяхъ пивоваренія съ солодовымъ суслomъ получается сухого вещества дрожжей въ количествѣ 10,9 частей по вѣсу образовавшагося алкоголя, тогда какъ при сбраживаніи винограднаго сусла—4.49.

Основываясь на предыдущихъ соображеніяхъ, Balling ²⁾ даетъ вмѣсто уравненія броженія Gay-Lussac-а свое уравненіе, именно

$$E = e + A + K + H,$$

гдѣ приняты слѣдующія обозначенія:

E —сбраживавшійся экстрактъ исходнаго сусла;

e —экстрактъ, оставшійся послѣ броженія;

A —вѣсовое количество образовавшагося алкоголя;

K —вѣсовое количество углекислоты, получающейся въ постоянномъ соотношеніи къ образующемуся алкоголю, равномъ 1:0.9565;

H —сухое вещество дрожжей.

Уравненіе Balling-а принимаетъ между алкоголемъ и углекислотой, образующимися при броженіи, то же отношеніе, какое было взято и Gay-Lussac-омъ, но кромѣ того вводитъ еще изъ

¹⁾ „Attenuations—Lehre“ Holzner 1876 г. 96 стр.

²⁾ „Chemie u. Physiol. d. Malzes u. d. Bieres“ Prior. 1896 г. 557 стр.

вѣстную трату на дрожжи. При этомъ предполагается, что полученный алкоголь, углекислота, взятая въ указанномъ отношеніи къ послѣднему, образовавшіеся дрожжи и оставшіеся несброженнымъ экстрактъ,—все это въ суммѣ должно равняться сбраживаемому экстракту.

Изъ сравненія уравненій Gay-Lussac-a и Balling-a видно, что послѣднее трактуетъ процессъ броженія нѣсколько шире, чѣмъ первое, однако и оно не въ состояніи охватить всей совокупности явленій, имѣющихъ мѣсто при процессѣ алкогольнаго броженія. Одна изъ причинъ этого лежитъ въ неправильности принятаго Balling-омъ положенія о постоянствѣ количественнаго соотношенія получающихся при броженіи алкоголя и углекислоты и образующихся при этомъ якобы за счетъ распада и перехода нацѣло въ эти продукты сбраживаемаго сахара.

Между тѣмъ это, какъ было уже указано, въ дѣйствительности мѣста не имѣетъ, такъ какъ нѣкоторое количество углекислоты можетъ получиться безъ образованія алкоголя и притомъ за счетъ извѣстной части не только сахара, но и несахара сбраживаемаго субстрата.

Кромѣ того, при алкогольномъ броженіи, какъ извѣстно, имѣютъ мѣсто и другіе, такъ называемые, побочные продукты броженія, изъ которыхъ нѣкоторые при извѣстныхъ условіяхъ могутъ образоваться даже въ значительныхъ количествахъ, примѣромъ чего могутъ служить: глицеринъ, янтарная кислота и высшіе спирты. Однако эти обстоятельства совершенно не приняты во вниманіе уравненіемъ Balling-a, которому въ силу этого не хватаетъ, смотря по формулировкѣ, одного или нѣсколькихъ членовъ уравненія, отвѣчающихъ указаннымъ превращеніямъ сбраживаемаго экстракта. Всѣ эти величины должны были бы войти въ уравненіе, какъ слагающія той части его, въ которой суммируются получающіеся продукты броженія.

Относительно дрожжей Balling считалъ возможнымъ принять вполне опредѣленную и постоянную величину траты по отношенію какъ къ сбраживаемому экстракту, такъ и къ образующемуся алкоголю. Однако численныя значенія этихъ величинъ, какъ мы видѣли, Balling принималъ неодинаковыми при пивовареніи и при винодѣліи.

Такимъ образомъ, Balling, судя по его уравненію броженія, разсматривалъ трату на дрожжи, какъ величину, абсолютное значеніе которой можетъ измѣняться въ зависимости отъ условій броженія, но которая при данныхъ условіяхъ въ теченіе всего

процесса броженія всегда остается пропорціональной количеству образовавшагося алкоголя. О зависимости величины траты на дрожжи отъ многихъ очень существенныхъ факторовъ, какъ-то: отъ количества задаваемыхъ дрожжей, отъ температуры броженія, отъ концентрации сбраживаемаго субстрата и т. п., уравненіе Balling-а ничего не говоритъ. Очень возможно, что это даже и не входило въ задачи Balling-а при составленіи имъ уравненія броженія, такъ какъ послѣднее было приурочено къ довольно опредѣленнымъ условіямъ, какія ставить въ отдѣльныхъ случаяхъ то или другое производство, напр., винодѣліе или пивовареніе, чѣмъ гарантируется извѣстное постоянство условій броженія и тѣхъ конечныхъ результатовъ, къ которымъ оно приводитъ. Однако при повѣркѣ данныхъ Balling-а въ нихъ встрѣчаются нѣкоторыя несогласія, какъ относительно самой величины, такъ и постоянства траты на дрожжи даже въ предѣлахъ только одного какого-либо производства. Напр., въ низовомъ пивовареніи по Schönfeld-у оказывается, что въ одномъ рядѣ опытовъ трата на дрожжи получилась равной $5,8\%$ ¹⁾, а въ другомъ $-6,8\%$ ²⁾ по вѣсу образовавшагося алкоголя. Оба приведенныхъ числа разнятся другъ отъ друга и вмѣстѣ съ тѣмъ оба значительно уклоняются и отъ соотвѣтствующей величины, данной для этихъ условій Balling-омъ и равной $10,9\%$ по вѣсу полученнаго при броженіи алкоголя. Послѣдняя такимъ образомъ оказывается почти вдвое больше соотвѣтствующихъ величинъ Schönfeld-а.

Судя по приведеннымъ даннымъ, количественныя соотношенія алкоголя, углекислоты и дрожжей, получающихся при броженіи, принятыхъ Schönfeld-омъ³⁾, гораздо ближе къ дѣйствительному положенію, чѣмъ предложенныя Balling-омъ. Но это ограничивается только условіями низового броженія, переходя отъ которыхъ къ верхнему сбраживанію уже въ пивовареніи приходится наблюдать уклоненіе отъ соотношеній Schönfeld-а въ сторону предложенныхъ Balling-омъ⁴⁾.

Разница между верхнимъ и нижнимъ броженіемъ заключается въ температурѣ, въ продолжительности броженія, въ степени размножаемости дрожжей. Всѣ эти обстоятельства тѣсно связаны съ тѣмъ количествомъ сбраживаемаго экстракта, подъ которымъ обычно подразумѣвается трата на дрожжи.

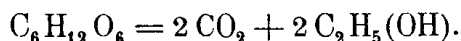
1) Wochenschr. f. Brauer. 1910 г. 59 стр.

2) Wochenschr. f. Brauer. 1911 г. 212 стр.

3) Wochenschr. f. Brauer. 1910 г. 59 стр.

4) Wochenschr. f. Brauer. 1910 г. 223 стр.

Подъ послѣдней по уравненію Balling-a, а слѣдовательно и по Schönfeld-у, приходится понимать разность между количествомъ сбраживаемаго экстракта и суммой: оставшагося экстракта, образовавшагося алкоголя и соотвѣтствующаго ему количества углекислоты, взятаго по соотношеніямъ уравненія.



При такой формулировкѣ въ трату на дрожжи естественно должно войти то, что съ ней въ дѣйствительности не имѣетъ ничего общаго, какъ-то: расходъ сбраживаемаго вещества на образование побочныхъ продуктовъ броженія, на углекислоту, возникающую безъ соотвѣтствующаго образованія спирта, наконецъ, сюда же включается потеря за счетъ испаренія спирта, если сбраживание ведется въ открытыхъ чанахъ. Величина послѣдняго находится въ значительной зависимости отъ температуры, отъ продолжительности броженія, отъ концентраціи сбраживаемаго сусла и, наконецъ, отъ характера и толщины слоя пѣны, покрывающей поверхность бродящей жидкости. Въ условіяхъ низового броженія въ пивовареніи всѣ эти обстоятельства таковы, что испареніе алкоголя имѣетъ мѣсто въ очень малой степени и почти не оказываетъ замѣтнаго вліянія на количественное соотношеніе сбраживаемаго экстракта и получающихся продуктовъ броженія. Тогда какъ въ пивовареніи верхняго броженія, а тѣмъ болѣе въ винокуреніи условія такого рода, что испареніе алкоголя вызываетъ здѣсь уже замѣтныя потери.

По Durin бражка съ содержаніемъ алкоголя 6—7% теряла съ улегучивающейся углекислотой и отъ испаренія до 1.5% отъ общаго количества алкоголя.

По Riess-у¹⁾ бражки съ содержаніемъ алкоголя, достигающимъ 10%, теряли только въ углекислотѣ 1.12% всего алкоголя и еще больше отъ поверхностного испаренія. По Foth-у²⁾ потеря алкоголя, вычисленная на объемъ затора, равна въ закрытомъ чану 0.2%, въ открытомъ при движеніи воздуха въ помещеніи и при 20°R—0.5%, а при 27°R—0.95% алкоголя.

Такимъ образомъ, испареніе алкоголя и выносъ его углекислотой могутъ очень замѣтно измѣнять величину того, подѣ чѣмъ часто понимаютъ не совсѣмъ правильно трату на дрожжи. Что касается ея дѣйствительнаго численнаго значенія, то, конечно, оно

1) „Handb. d. Spiritusfabrik.“ 8 Aufl. 678 стр.

2) тамъ-же 679 стр.

стоитъ въ прямой связи съ возможностью размноженія дрожжей при данныхъ условіяхъ сбраживанія. Послѣднія очень неодинаковы въ зависимости отъ совокупности всего того, что опредѣляетъ теченіе процесса броженія. Въ силу этого, напр., при пивовареніи низового броженія количество заданныхъ дрожжей увеличивается въ 2,5—3,5 раза, въ пивовареніи же верхняго броженія въ 4—8¹⁾ разъ. Еще рѣзче выступаетъ разница въ этомъ отношеніи при сравненіи пивоваренія съ винокурениемъ производствомъ, гдѣ на одну вѣсовую часть дрожжей, заданныхъ въ квасильную кадь, къ концу броженія получается 12—16²⁾ вѣсовыхъ частей дрожжей. Приблизительно такія же отношенія величины посѣва и урожая именно 8—12 имѣются и въ воздушно-дрожжевомъ производствѣ. Слѣдовательно, и трата на дрожжи въ винокуреніи должна быть значительно выше, чѣмъ въ пивовареніи.

Говоря о тратѣ на дрожжи при строго опредѣленныхъ условіяхъ броженія того или другого производства, слѣдуетъ также имѣть въ виду, что величина урожая, или размножаемость дрожжей, находится въ извѣстной зависимости отъ количества заданныхъ и предназначенныхъ для размноженія маточныхъ дрожжей. По практическимъ даннымъ Balcke *) нашель, что съ увеличеніемъ количества задаваемыхъ маточныхъ дрожжей возрастаетъ въ значительной мѣрѣ и количество дрожжей, получающихся послѣ броженія. Причина этого заключается въ увеличеніи числа производящихъ маточныхъ клѣточекъ, такъ что, беря ихъ вмѣсто 4, напр. 6 и предполагая, что каждая изъ нихъ даетъ при броженіи 3 новыхъ, получимъ, что при увеличеніи количества маточныхъ дрожжей на 3, повышение урожая достигаетъ $(3 \times 6) - (3 \times 4) = 6$. Это обстоятельство имѣетъ практическое значеніе въ дрожжевомъ производствѣ. Однако такая зависимость существуетъ только въ извѣстныхъ узкихъ границахъ очень опредѣленныхъ условій, выходя за предѣлы которыхъ, приходится наблюдать совершенно обратную зависимость.

Reichard и Riel⁴⁾ при заводскихъ опытахъ въ пивовареніи нашли, что, задавая на 25 гектолитровъ суела по 8,2; 12,5 и 19.0 Kil., получали соотвѣтственно этому къ концу броженія такія ко-

1) Wochenschr. f. Brauer. 1911 г. 223 стр.

2) Die Gärungsführung. Delbrück u. Hayduck 1911 г. 21 стр.

3) Wochenschr. f. Brauer. 1884 г. 385 стр. Цит. по тому же журн. за 1911 г. 233 стр.

4) Zeitschr. f. d. ges. Brauwes. 1897 г. 28 стр. Цит. по Wochenschr. f. Brauer. 1911 г. 232 стр.

личества дрожжей: 35, 40 и 50 Kil., т. е. при увеличении количества маточных дрожжей на 10,8 Kil. урожай их поднимается на 15 Kil. и, слѣд., на 1 Kil. маточных дрожжей соответственно указаннымъ тремъ случаямъ получается по 4.3, 3.1, и 2.7 Kil. дрожжей. Аналогичныя практическія данныя приводитъ также Thausing ¹⁾ относительно броженія въ пивовареніи, при чемъ оказывается, что 1 литръ маточныхъ дрожжей по окончаніи главнаго броженія даетъ чистыхъ дрожжей слѣдующія количества, приводимыя въ литрахъ въ таблицѣ I.

Т а б л и ц а I.

Задано маточныхъ дрожжей на 1 гектолитръ сусла.	Получено литровъ дрожжей на 1 гектолитръ сусла на пивоваренныхъ заводахъ:			
	А	Б	С	Д
1/2 литра	4.90	5.96	5.21	4.48
1/3 литра	3.32	3.90	3.90	3.00
2/3 литра	2.49	2.75	2.68	2.30

Опыты Schönfeld-a ²⁾ приводятъ къ тому, что при измѣненіи количества посѣва дрожжей въ отношеніи 4,1:8,8 размножаемость единицы маточныхъ дрожжей мѣняется въ отношеніи 2,5:6,0. По даннымъ А. Brown ³⁾ при посѣвѣ на 1 объемъ сусла 0.93, 3.75 и 7.44 дрожжевыхъ клѣточекъ, урожайность одной маточной клѣточки оказывается различной во всѣхъ трехъ разсматриваемыхъ случаяхъ и соответственно равной 26.2, 6.9 и 2.6 клѣточекъ, образовавшихся къ концу броженія.

Еще рѣзче отмѣченное явленіе выступаетъ въ опытахъ F. Haudeck-a и G. Anders-a ⁴⁾ и представленныхъ въ таблицѣ II.

¹⁾ „Malzbereitung u. Bierfabrikation“ Thausing 5 Aufl. 781 стр.

²⁾ Wochenschr. f. Brauer. 1896 г. 241 стр. Цит. по тому же журн. 1911 г. 233 стр.

³⁾ Wochenschr. f. Brauer. 1911 г. 233 стр.

⁴⁾ Wochenschr. f. Brauer. 1911 г. 234 стр.

Т а б л и ц а П.

О П Ы Т Ъ.	Посѣвъ дрожжей на 1 литръ сусла.	Число клѣточекъ на единицу объема (0.0005 m.m.).		Производительность одной клѣточки маточныхъ дрожжей.
		При началѣ броженія.	Въ концѣ броженія.	
		п	к	$\frac{п-к}{к}$
А	0.5 грамма.	1.1	55	49
	1 —	2.2	58	25
	2 —	4.4	60	13
	4 —	8.8	68	7
	8 —	17.6	77	4
	12 —	26.4	94	2.9
	20 —	44.0	96	1.2
В	10 граммъ.	22	50	1.5
	20 —	44	61	0.4
	40 —	88	104	0.2
	70 —	154	198	0.2
	100 —	220	230	0.05

Сопоставляя отношеніе количествъ дрожжей, производимыхъ единицею прививки, съ отношеніемъ количествъ дрожжей, прививаемыхъ на одинъ и тотъ же объемъ сбраживаемаго субстрата, получимъ вѣсовыя соотношенія дрожжей:

	Прививаемыхъ	Получаемыхъ
по Schönfeld-у . . .	1.0 : 2.3	2.1 : 1.0
„ Brown-у	1.0 : 8.1	10.1 : 1.0
„ Hayduck-у . . .	{ 1.0 : 10.0 1.0 : 40.0	{ 30.0 : 1.0 40.8 : 1.0

Такимъ образомъ, оказывается, что размножаемость дрожжей при прочихъ равныхъ условіяхъ тѣмъ больше, чѣмъ меньше посѣвъ и обратно, а потому, много или мало посѣяно дрожжей

на единицу объема зусла, количество ихъ къ концу броженія въ томъ и другомъ случаѣ при прочихъ равныхъ условіяхъ будетъ приблизительно одинаково. Такимъ образомъ, повидимому, возможны такіе максимальные посѣвы, при которыхъ почти совершенно исключается размноженіе прививаемыхъ дрожжей.

Къ этому очень близокъ послѣдній случай опытовъ Hayduck-а, когда на 220 дрожжевыхъ клѣточекъ, посѣянныхъ передъ броженіемъ, получается послѣ него только 10 новыхъ клѣточекъ, т. е., когда благодаря почти полному исключенію размноженія дрожжей трата на нихъ при броженіи становится очень близкой къ нулю.

Изъ вышеизложеннаго вытекаетъ, что трата на дрожжи, помимо прочихъ условій, опредѣляется величиной посѣва маточныхъ дрожжей. Въ силу этого въ отдѣльныхъ производствахъ техники алкогольнаго броженія, пользующихся неодинаковыми количествами маточныхъ дрожжей, и трата на дрожжи должна быть различной. Если же тѣмъ не менѣе встрѣчаются опредѣленные нормы относительно величины траты на дрожжи, связанныя постояннымъ численнымъ отношеніемъ съ количествомъ сброженнаго экстракта или съ получающимся спиртомъ, то причина этого вполне понятна: такія нормы могутъ быть примѣнимы лишь только въ очень узкихъ рамкахъ строго опредѣленныхъ условій броженія того или другого производства, за предѣлами которыхъ онѣ оказываются уже совершенно не имѣющими мѣста.

Еще въ большей мѣрѣ, чѣмъ величина посѣва, вліяетъ на размножаемость дрожжей, а, слѣдовательно, и на трату при броженіи, притокъ воздуха къ бродящей жидкости. О величинѣ этого вліянія можетъ дать нѣкоторое представленіе сравненіе количествъ дрожжей, получающихся въ пивовареніи и въ дрожжевомъ производствѣ по способу, связанному съ продуваніемъ воздуха. Delbrück и Hayduck ¹⁾ приводятъ такія данныя, взятые изъ заводской практики: въ пивовареніи самое большее можетъ получиться отпрессованныхъ дрожжей по вѣсу затираемаго матеріала около 6%, тогда какъ въ воздушно-дрожжевомъ производствѣ при продолжительномъ и энергичномъ продуваніи воздуха черезъ бродящее сусло выходъ дрожжей можетъ достигать 40% и даже болѣе по вѣсу затираемаго матеріала. Такимъ образомъ, въ послѣднемъ случаѣ получается почти въ 7 разъ болѣе дрожжей, чѣмъ въ первомъ. Конечно, непосредственное сравненіе

¹⁾ „Die Gärungsführung“ Delbrück и Hayduck 8 стр.

приводимыхъ чиселъ и возможность какихъ-либо опредѣленныхъ заключеній на основаніи ихъ о вліяніи продуванія воздуха на ростъ дрожжей не представляется возможнымъ. Въ данномъ случаѣ должно имѣть въ виду неодинаковыя условія сбраживанія въ томъ и другомъ производствѣ, какъ въ смыслѣ температуры, концентраціи, состава сбраживаемаго суслу, такъ и въ отношеніи способности къ размноженію тѣхъ расъ дрожжей, какими пользуются въ пивовареніи и дрожжевомъ производствѣ. Въ послѣднемъ примѣняются расы, обладающія высокой размножаемостью, тогда какъ дрожжи пивоваренныя нижняго броженія по своей природѣ оказываются сравнительно слабо размножающимися. Это обстоятельство въ связи съ низкими температурами броженія, принятыми въ пивовареніи, опредѣляетъ склонность пивоваренныхъ дрожжей къ обогащенію бѣлками въ значительно большей мѣрѣ, чѣмъ это имѣетъ мѣсто по отношенію дрожжей верхняго броженія винокурения и дрожжевого производства. По Delbrück-у ¹⁾ содержаніе бѣлковъ въ дрожжахъ, получающихся въ пивовареніи около 15%; въ дрожжевомъ же производствѣ около 10%. Принимая во вниманіе ранѣе указанные выхода дрожжей, можно видѣть, что на 100 Кіл. затираемаго матеріала количество усвояемаго дрожжами азота при пивоваренномъ производствѣ отвѣчаетъ $0.15 \times 6 = 0.9$ килограммамъ бѣлковъ, тогда какъ при дрожжевомъ производствѣ $0.10 \times 40 = 4.0$ килограммамъ. Такимъ образомъ, продуваніе воздуха въ совокупности со всѣми условіями сбраживанія въ дрожжевомъ производствѣ, значительно отличающимися отъ условій броженія въ пивовареніи, ведетъ къ повышенію въ 4—5 разъ количества азота, усвояемаго дрожжами.

Приведенныя данныя благодаря различію условій являются сравнимыми только до нѣкоторой степени, а потому могутъ дать только очень приблизительное представленіе о величинѣ вліянія продуванія на размножаемость дрожжей одной и той же расы и при одинаковыхъ условіяхъ. Болѣе опредѣленные заключенія можно получить только при опытахъ непосредственно сравнивающихъ сбраживаніе въ совершенно тождественныхъ условіяхъ съ продуваніемъ воздуха и безъ него.

Такіе опыты были проведены Pedersen-омъ ²⁾. Опредѣляя послѣдовательно въ различные періоды броженія количества сброженнаго экстракта и вѣсъ полученныхъ дрожжей, онъ пришелъ къ результатамъ, приводимымъ въ таблицѣ III.

¹⁾ „Die Gärungsführung“ Delbrück и Hayduck 9 стр.

²⁾ „Die Gärungschemie“ Ad. Mayer 160—162 стр.

Т а б л и ц а III.

Продолжи- тельность броженія въ дняхъ.	Количество сбро- женного экстракта въ граммахъ на 1 литръ сусла.		Количество образо- вавшихся дрожжей въ граммахъ на 1 литръ сусла.		Одна вѣсовая часть дрожжей въ единицу времени сбраживаетъ са- хара.	
	Съ про- дува- ніемъ.	Безъ продува- нія.	Съ про- дува- ніемъ.	Безъ продува- нія.	Въ при- сутствіи кислород.	Безъ до- ступа ки- слорода.
2	2.8	2.6	0.55	0.74	0.8	0.6
3	7.0	5.4	2.02	0.91	0.6	0.9
5	27.8	23.4	3.16	2.10	1.2	1.4
6	34.4	31.8	3.07	2.29	1.3	1.6
7	42.2	40.2	3.15	2.42	1.4	1.7
8	54.2	41.2	4.11	1.79	1.3	1.9
10	60.0	52.5	4.10	2.14	1.2	1.7
12	69.0	68.8	4.85	2.46	0.9	1.5

При вычисленіи бродильной силы одной вѣсовой части дрожжей за 24 часа изъ количества сброженного экстракта вычитается та часть его, которая тратится на образованіе дрожжей, а къ количеству послѣднихъ прибавляется 0.84 gr. дрожжей, первоначально взятыхъ для сбраживанія на каждый литръ сусла.

Результаты опытовъ Pedersen-а приводятъ къ заключенію о томъ, что продуваніемъ воздуха бродильная сила дрожжей въ иныхъ случаяхъ понижается процентовъ на 40; размножаемость же увеличивается приблизительно въ 2 раза. По Delbrück-у ¹⁾ продуваніе воздуха при извѣстной его степени можетъ увеличивать урожай дрожжей въ 3 раза сравнительно съ тѣмъ, что получается безъ притока воздуха и при прочихъ равныхъ условіяхъ.

Въ вопросъ о тратѣ при броженіи, тѣсно связанномъ съ количествомъ образующихся дрожжей, необходимо считаться съ составомъ послѣднихъ. Основой вещества дрожжевой клѣтки являет-

¹⁾ „Die Gärungsführung“ Delbrück и Hayduck 9 стр.

ся плазма, характеризующаяся тѣмъ, что она непрерывно претерпѣваетъ разнообразныя превращенія, подвергаясь постоянному разрушенію и новообразованію. Продукты распада отчасти опять утилизируются, расходуясь на построеніе вещества плазмы, отчасти же выдѣляются ею, и въ этомъ послѣднемъ случаѣ или выходятъ за предѣлы клѣточного организма, какъ ненужный и даже вредный для работающаго организма продуктъ его жизнедѣятельности, или же задерживаются въ извѣстной степени организмомъ. Наконецъ, плазма дрожжевой клѣточки обладаетъ способностью поглощать и временно скоплять въ своей массѣ очень значительныя количества нѣкоторыхъ веществъ, которыя при извѣстныхъ условіяхъ могутъ опять исчезнуть, подвергаясь разложенію въ цѣляхъ развитія энергіи, необходимой для поддержанія жизненныхъ процессовъ дрожжевой клѣточки. Такимъ образомъ, плазма дрожжевой клѣточки является центромъ очень оживленной дѣятельности: въ ней усваивается матеріаль, необходимый для роста дрожжей; здѣсь же онъ можетъ скопляться, какъ питательный резервъ, который при извѣстныхъ условіяхъ утилизируется и исчезаетъ, выходя за предѣлы организма. Все это тѣсно связанное съ жизнедѣятельностью дрожжевого организма, говоритъ за то, что, помимо размноженія, есть еще причины, въ силу которыхъ масса работающихъ дрожжей можетъ количественно измѣняться. Такимъ образомъ, трата при броженіи должна зависѣть не только отъ количества вновь образующихся дрожжевыхъ клѣтокъ, но и отъ состава уже имѣющихся дрожжей.

Какъ и всякій организмъ, дрожжи содержатъ значительное количество воды, колеблющееся около 70% по вѣсу отпрессованныхъ дрожжей. Въ составъ сухого вещества дрожжей входятъ бѣлки, углеводы, жиры, минеральныя вещества и нѣкоторыя другія химическія соединенія, относительное количество которыхъ очень незначительно, химическая же природа и значеніе коихъ въ жизни дрожжей пока еще недостаточно выяснена.

Въ литературѣ имѣются данныя относительно химическаго состава дрожжей, при чемъ одни изъ нихъ касаются элементарнаго состава, другія относятся къ содержанію извѣстныхъ химическихъ соединеній, важныхъ съ точки зрѣнія процессовъ жизнедѣятельности дрожжевого организма въ составъ котораго они входятъ, какъ таковыя. Ниже приводится химическій составъ дрожжей, данный различными авторами ¹⁾:

¹⁾ „Die Gärungschemie“ Ad. Mayer. 1906 г. 109 стр.

Т а б л и ц а IV.

А в т о р ь.	Дрожжи.	С.	Н.	N.	О.	S.
Schlosberg	Верхн. брож.	49.9	6.6	12.1	31.4	—
„	Нижн. „	48.0	6.5	9.8	35.7	—
Mitscherlich	Верхн. „	47.0	6.6	10.0	—	0.6
Hessenland	Нижн. „	49.3	8.2	10.5	—	—
Wagner	Верхн. „	49.8	6.8	9.2	—	—
„	Нижн. „	44.4	6.0	9.2	—	—

Nägeli и Löw ¹⁾ нашли на 100 вѣсовыхъ частей дрожжей:

Клѣтчатки и растительной слизи.	37.0%
Обыкновеннаго альбумина.	36.0 „
Протеиновыхъ веществъ, легко разлагающихся	9.0 „
Пептона, осаждаемаго уксуснокислымъ свинцомъ	2.0 „
Жира	5.0 „
Золы	7.0 „
Экстрактивныхъ веществъ.	4.0 „

Содержаніе золы въ сухомъ веществѣ дрожжей колеблется отъ 2.5% по Schlosberg-у и Wagner-у; до 7.5—8.9% по Mitscherlich-у и Bull ²⁾; но достигаетъ и болѣе значительныхъ величинъ; напр., Hirt ³⁾ даетъ анализъ дрожжей съ содержаніемъ 9.94% золы:

¹⁾ „Chemie und Physiologie des Malzes und des Bieres“. Prior. 1896 г. 355 стр.

²⁾ „Die Gärungschemie“. Ad. Mayer. 1906 г. 112 стр.

³⁾ Wochenschr. f. Brauer. 1911 г. 177 стр.

Т а б л и ц а V.

	Дрожжи I.	Дрожжи II.	Относится къ
Гликогенъ	12.67%	38.56%	сухому веществу дрожжей.
Бѣлокъ	59.55 "	46.56 "	
Зола	9.94 "	6.81 "	
P ₂ O ₅	5.62 "	3.51 "	
P ₂ O ₅	56.54 "	52.70 "	золѣ.
Удѣльный вѣсъ	1 0997	1.1138	отпрессов. дрожжамъ.
	1.494	1.532	сухому веществу.

Относительно состава золы дрожжей, имѣются слѣдующія данныя: ¹⁾

Т а б л и ц а VI.

А в т о р ь.	Mitscherlich.		Bull.	Belahoubek.	Bechamp.
Дрожжи	Верхн.	Нижн.	Верхн. отъ Weissbier.	Прессов. дрожжи.	Пивныя.
Фосфорной кислоты	53.9%	59.4%	54.7%	51.1%	54—58%
Калія	39.8 "	28.3 "	35.2 "	38.7 "	29—31 "
Натрія,	—	—	0.5 "	1.8 "	0.8—1.9 "
Магнія.	6.0 "	8.1 "	4.1 "	4.2 "	4—7 "
Кальція	1.0 "	4.3 "	4.5 "	2.0 "	1.6—2.5 "
Кремневой кислоты	Слѣды.	—	—	1.6 "	Слѣды.
Окси желѣза	—	—	0.6 "	0.1 "	0.8—7.3%
Сѣрной кислоты	—	—	—	0.6 "	5—6 "
Хлора.	—	—	0.1 "	0.03 "	—

¹⁾ „Die Gärungschemie“. Ad. Mayer. 1906 г. 112 стр.

Колебаниямъ состава подвержена вся масса вещества дрожжевой клѣтки, не исключая и дѣятельной основы ея, какую являются бѣлки. Количество послѣднихъ, считая на сухое вещество дрожжей, мѣняется въ очень широкихъ предѣлахъ отъ 31.25 до 75%, что отвѣчаетъ измѣненію въ содержаніи азота отъ 5 до 12% ¹⁾.

Приведенный численный матеріалъ даетъ достаточное представленіе о томъ разнообразіи дрожжей, какое они могутъ представлять въ смыслѣ ихъ химическаго состава. Причины этого лежатъ, во первыхъ, въ индивидуальной особенности отдѣльныхъ расъ дрожжей, во вторыхъ, въ составѣ сбраживаемыхъ субстратовъ и, наконецъ, въ томъ, что химическій составъ дрожжей, какъ и всякаго другого живого организма, не является чѣмъ-либо постояннымъ и неизмѣннымъ, но колеблется въ очень широкихъ предѣлахъ въ зависимости отъ совокупности всѣхъ тѣхъ факторовъ, вліянію которыхъ подпадаетъ данный организмъ въ отдѣльные періоды и стадіи своего развитія. Эти качественныя измѣненія дрожжей могутъ отразиться и на количественной сторонѣ, при чемъ возможны 3 случая: когда вѣсъ дрожжей или убываетъ, или возрастаетъ, или, наконецъ, остается неизмѣннымъ. Размноженіе въ данномъ случаѣ, конечно, должно разсматриваться, какъ привходящее явленіе, тѣмъ болѣе, что послѣднее въ теченіе всего процесса сбраживанія, проводимаго обычнымъ путемъ, представляется въ силу многихъ причинъ относительно короткимъ періодомъ. Delbrück ²⁾, напр., считаетъ размноженіе законченнымъ къ началу главнаго броженія.

Относительно возможности при броженіи убыванія вещества дрожжей высказывался еще Thenard ³⁾, но вполне опредѣленно опытнымъ путемъ это установилъ впервые только Pasteur ⁴⁾. Такъ по его опытамъ оказалось, напр., что 0.424 грамма сахара и 10 гр. дрожжей, считая послѣднія на сухое вещество, давали при броженіи 0.6 гр. алкоголя и 300 куб. сент. углекислоты, вмѣсто 110 куб. сент., которые должны были бы при этомъ выдѣлиться. Такъ какъ образовавшаяся углекислота только частью могла возникнуть за счетъ взятаго для опыта сахара, то поэтому остающееся количество полученной углекислоты должно быть отнесено за счетъ превращеннаго вещества самихъ дрожжей. Объясненіе это-

¹⁾ „Die Gärungsführung“ Delbrück u. Hayduck. 1911 г. 2 стр.

²⁾ „Ueber die Bedeutung des Eiweisses im Hefeleben“ Fr. Hayduck. 1906 г. 53 стр.

³⁾ „Die Gärungschemie“ Ad. Mayer. 41 стр.

⁴⁾ „Handb. d. Techn. Myk.“ Lafar IV, 431 стр.

му явленіе Pasteur далъ исходя изъ того, что въ дрожжевыхъ клѣточкахъ заключается нѣкоторое вещество, которое можетъ быть превращено въ способный къ сбраживанію сахаръ, переводимый работой дрожжей въ спиртъ и углекислоту. И дѣйствительно Pasteur получилъ кипяченіемъ дрожжей съ разбавленной кислотой сбраживаемый сахаръ въ количествѣ около 20% по вѣсу сухого вещества дрожжей. Образованіе спирта онъ ошибочно отнесъ за счетъ целлюлезы, входящей въ клѣточные стѣнки дрожжей. Работами Salkowski¹⁾ и Stemer-a²⁾ было установлено, что сбраживаемый при этомъ сахаръ, именно d-глюкоза, получается не за счетъ превращенія целлюлезы дрожжевой стѣнки, а какъ результатъ гидролиза гликогена дрожжей. Съ другой стороны при броженіи наблюдается какъ бы исчезновеніе сахара, что было установлено Jodlbauer-омъ³⁾, пользовавшимся методомъ броженія для количественнаго опредѣленія сахара. При этомъ оказывалось, что часть сбраживаемаго сахара какъ бы пропадала, не переходя въ спиртъ и углекислоту, но исчезая изъ сбраживаемаго субстрата.

Въ дальнѣйшемъ была установлена возможность этого явленія и при безклѣточномъ сбраживаніи при помощи отжатаго дрожжевого сока, что можетъ быть объяснено⁴⁾ присутствіемъ въ дрожжахъ и въ ихъ отжатомъ сокѣ синтезирующаго энзима, вызывающаго реверсію и образованіе гликогена или же какихъ либо другихъ производныхъ⁵⁾ за счетъ сбраживаемаго сахара. Такого рода потеря сахара, какъ указываютъ Euler и Berggren⁶⁾, при сбраживаніи глюкозы живыми дрожжами можетъ достигать 5—15% ея первоначальнаго содержанія въ сбраживаемой жидкости, если сахаръ сбродилъ наполовину.

Такимъ образомъ, сбраживаемый сахаръ расходуется не только на построеніе вещества новыхъ клѣточекъ, возникающихъ при размноженіи, но идетъ также для накопленія въ тѣлѣ уже имѣющихся старыхъ клѣточекъ резервныхъ питательныхъ веществъ въ формѣ, напр., гликогена. При этомъ оказывается, что для построенія вещества дрожжей необходимо, напр., по Pasteur-у только

1) „Handb. d. Techn. Myk.“ Lafar. IV, 432 стр.

2) Тамъ же.

3) Zeitschr. f. Zuck. Rüb. Jnd. 1888 г. 38 т., 328 стр.

4) „Die Zymasegärung“ 55 стр.

5) „Химич. изслѣд. надъ вѣкклѣточн. спиртовымъ броженіемъ“ 1913 г. А. Лебедева 73 и 177 стр.

6) Zeitschr. f. Gärungsphysiologie 1912 г. I, 203 стр.

около 1%, а по Gyltay и Aberson ¹⁾ 3,8% по вѣсу всего количества перерабатываемаго сахара. Для скопленія питательнаго углеводнаго резерва, судя по количеству гликогена въ дрожжахъ, требуется сахара значительныя количества. По даннымъ Ravy и Wywaters ²⁾ въ свѣжихъ продажныхъ дрожжахъ содержится около 5% по вѣсу ихъ, что составляетъ 25% отъ сухого вещества. При стояннн же въ теченіе 2—3 часовъ въ сахарныхъ растворахъ, смотря по концентраціи послѣднихъ, количество гликогена въ дрожжахъ удваивается или утраивается, при чемъ содержаніе гликогена можетъ подняться даже до 16% по вѣсу дрожжей, что составитъ около 75% по вѣсу сухого вещества ихъ. Laurent ³⁾ нашелъ въ одномъ случаѣ содержаніе гликогена, равнымъ 32,6% отъ сухого вещества дрожжей. Krampf и Hirt ⁴⁾ даютъ—12,67%; 13,27%; 38,56% и 39,90%. Laurent считаетъ гликогенъ постоянной составной частью дрожжевой клѣтки, обычно встрѣчающейся въ ней въ довольно значительныхъ количествахъ, тогда какъ Henneberg ⁵⁾ доказалъ возможность случаевъ, когда дрожжи совершенно не имѣютъ гликогена или же содержатъ его въ самыхъ незначительныхъ количествахъ. Присутствіе, появленіе и исчезновеніе гликогена въ дрожжахъ, помимо состава сбраживаемаго субстрата обусловливается многими причинами. Такъ Henneberg ⁶⁾ показалъ, что способность дрожжей накоплять большее или меньшее количество гликогена зависитъ отъ расы ихъ. Особенно богатыми гликогеномъ являются, напр., верхне-бродящія пивоваренныя дрожжи—раса В, и винокуренныя—раса II. Высокая температура, сильное продуваніе воздуха ⁷⁾ и значительная концентрація суслу способствуютъ образованію гликогена. Бродящія клѣтки обнаруживаютъ гликогенъ до тѣхъ поръ, пока въ сбраживаемомъ суслѣ имѣется достаточное количество сахара. Съ исчезновеніемъ послѣдняго въ сбраживаемомъ суслѣ убываетъ и содержаніе гликогена въ дрожжахъ. При высокой температурѣ броженія гликогенъ утрачивается скорѣе, чѣмъ при низкой, почему дрожжи въ винокурении теряютъ гликогенъ значительно раньше, чѣмъ въ пивовареннн, гдѣ

1) „Handb. d. Techn. Myk.“ Lafar IV. 96 стр.

2) „Journal of Physiologie“ 1907 г., Vol. XXXV, p. 149. Цит. по „Die Ernährungsphysiol. d. Hefezelle“ Rubner. 252 стр.

3) „Handb. d. Techn. Myk.“ Lafar IV. 96 стр.

4) Wochenschr. f. Brauer. 1911 г. 182 стр.

5) Тамъ же 1910 г. 268 стр.

6) „Gärungsbakt. Praktikum“ Henneberg 1909 г. 200 стр.

7) Wochenschr. f. Brauer. 1911 г. 182 стр.

броженіе ведется при болѣе низкой температурѣ. Въ богатыхъ гликогеномъ дрожжахъ, разложенныхъ тонкимъ слоемъ на воздухѣ, гликогенъ исчезаетъ при температурѣ 22° С. черезъ 3 часа, а при 8° С.—черезъ 48 часовъ. Оставаясь подъ водою безъ соприкосновенія съ воздухомъ, дрожжи еще дольше удерживаютъ гликогенъ. Въ слабомъ суслѣ при сильномъ продуваніи воздуха гликогенъ очень быстро теряется.

Появленіе гликогена въ дрожжахъ, какъ и его исчезновеніе, не представляясь чѣмъ-либо строго опредѣленнымъ, зависитъ отъ многихъ факторовъ и прежде всего отъ температуры ¹⁾. Такъ содержаніе гликогена въ дрожжахъ при опредѣленныхъ условіяхъ, если температура невысока, черезъ 24 часа отъ начала броженія, оказывается еще очень малымъ, тогда какъ при высокой температурѣ и прочихъ одинаковыхъ условіяхъ съ предыдущимъ случаемъ за то же время дрожжи успѣваютъ скопить очень большое количество гликогена. Наибольшее его содержаніе при низкихъ температурахъ броженія въ пивовареніи достигается только на 7—8 день, при сбраживаніи съ высокими температурами, напр. въ винокуреніи, максимумъ имѣетъ мѣсто уже на второй день. Въ суслѣ съ концентраціей 7° Ball. гликогенъ начинаетъ образовываться черезъ 1³/₄ часа, въ то время какъ при концентраціи 26° Ball. только черезъ 24 часа, при чемъ максимумъ въ первомъ случаѣ достигается черезъ 24 часа, а во второмъ черезъ 5 дней.

Изъ приведеннаго относительно гликогена, содержаніе котораго въ дрожжахъ можетъ колебаться въ очень широкихъ предѣлахъ, ясно, что только это одно можетъ уменьшить или увеличить въ нѣсколько разъ трату на дрожжи, которая такимъ образомъ должна въ значительной мѣрѣ зависѣть отъ степени сбраживанія, такъ какъ въ отдѣльныя стадіи броженія содержаніе гликогена въ дрожжахъ очень рѣзко мѣняется.

Во время броженія извѣстнымъ колебаніямъ съ количественной стороны подвергается не только гликогенъ, но также и другія составныя части тѣла дрожжевой клѣточки, не исключая и дѣятельной основы послѣдней, каковой являются бѣлковыя вещества, входящія въ ея составъ. Процессъ усвоенія азота и судьба его послѣ воспріятія дрожжами естественно стали очень рано интересовать многихъ изслѣдователей явленія броженія.

Уже Pasteur ²⁾ указалъ на то, что при извѣстныхъ условіяхъ броженія, дрожжи, теряя въ своемъ вѣсѣ, могутъ замѣтно бѣднѣть

¹⁾ „Gärungsbakt. Prakt.“ 201 стр.

²⁾ „Die Zymasegärung“ 288 стр.

азотомъ, содержаніе котораго при извѣстныхъ условіяхъ понижается съ 9.77% до 5.50%.

Bechamp и Schutzenberger ¹⁾ были первыми, высказавшимися за то, что въ указанномъ явленіи должно различать два самостоятельно идущихъ процесса, одинъ изъ которыхъ ведетъ къ превращенію въ спиртъ и углекислоту резервныхъ углеводовъ дрожжевой клѣтки, главнымъ образомъ гликогена, тогда какъ другой вызываетъ распадъ бѣлковаго вещества дрожжей.

Правильность этого воззрѣнія была впоследствии подтверждена цѣлымъ рядомъ позднѣйшихъ изслѣдованій, которыя провели главнымъ образомъ Salkowsky и Wiel ²⁾. Дѣятельнымъ агентомъ этого разложенія по работамъ Hahn-a ³⁾ и другихъ является протеолитическій энзимъ дрожжей—эндотриптаза, вызывающая образованіе продуктовъ распада бѣлковой молекулы.

Такимъ образомъ, при броженіи въ извѣстныхъ случаяхъ можетъ имѣть мѣсто убываніе бѣлковыхъ веществъ дрожжей, связанное съ уменьшеніемъ траты на дрожжи, тогда какъ въ другихъ случаяхъ возможно явленіе обратное.

О послѣдовательныхъ измѣненіяхъ содержанія азота въ дрожжахъ при броженіи даютъ извѣстное представленіе опыты—Wustmann-a ⁴⁾. Послѣдній нашель, что при внесеніи дрожжей въ бродящую жидкость наблюдается быстрое повышеніе содержанія азота въ дрожжахъ, что, повидимому, обусловливается накопленіемъ въ дрожжевой клѣточкѣ азотъ содержащихъ питательныхъ веществъ передъ періодомъ энергичнаго размноженія. При дальнѣйшемъ теченіи сбраживанія обнаруживается нѣкоторое уменьшеніе въ содержаніи азота. Послѣднее первоначально равно было 7.09%, считая на сухое вещество дрожжей, черезъ часъ оно поднялось до 9.90%, затѣмъ черезъ 2 часа стало равнымъ 9.60%, черезъ 3 часа—9.55% и, наконецъ, черезъ десять часовъ понизилось до 6.40%.

Delbrück ⁵⁾ считаетъ, что въ періодъ размноженія, кончающійся къ началу главнаго броженія, дрожжи уже не имѣютъ возможности увеличивать процентное содержаніе азота, такъ какъ воспринимаемый азотъ отдается образующимся молодымъ клѣточкамъ. Когда же размноженіе закончено, то поглощаемый азотъ идетъ на

1) „Handb. d. Techn. Mykol.“ Lafar IV 439 стр.

2) „Die Zymasegärung“ 291 стр.

3) „Handb. d. Techn. Mykol.“ Lafar IV 439 стр.

4) Тамъ же I т. 243 стр.

5) „Ueber d. Eiw. im. Hefeleb.“ F. Hayduck. 53 стр.

питаніе только тѣхъ клѣтокъ, которыя его ассимилируютъ, въ силу чего происходитъ увеличеніе содержанія азота въ дрожжахъ. Это явленіе Delbrück разсматриваетъ, какъ откармливаніе дрожжей, соотвѣтственно чему и обозначаетъ его словомъ „Mästen“. Явленіе это имѣетъ мѣсто, напр., въ пивовареніи, когда дрожжи, многократно и послѣдовательно культивируясь въ средѣ богатой усвояемыми азотъ содержащими соединеніями, очень значительно увеличиваютъ свое процентное содержаніе бѣлковъ, дѣлаясь при этомъ, по мнѣнію Delbrück-а ¹⁾, очень вялыми въ смыслѣ размноженія, но энергичными относительно сбраживанія сахара.

Возможенъ и обратный случай, когда благодаря недостатку соотвѣтствующаго питанія въ окружающей средѣ дрожжи оказываются вынужденными использовать азотъ собственнаго тѣла, что приводитъ къ пониженію содержанія его въ веществѣ дрожжей.

Такимъ образомъ, искусственно вызывая, напр., повышеніемъ температуры или введеніемъ продуванія воздуха, усиленное размноженіе дрожжей безъ соотвѣтствующаго повышенія питанія азотъ содержащими веществами, можно вызвать въ дрожжахъ обѣднѣніе азотомъ. Такіе опыты были произведены М. Hayduck-омъ и привели къ тому, что дрожжи послѣ окончанія броженія, связаннаго съ усиленнымъ размноженіемъ благодаря повышенной температурѣ, въ извѣстной мѣрѣ теряли азотъ, понижая его содержаніе, напр., съ 9.888% на 9.262%, съ 10.047% на 9.329%, съ 9.456 на 9.288%.

По опытамъ Henneberg-а ²⁾ дрожжи, богатые бѣлками съ количествомъ протеина выше 53%, въ большинствѣ случаевъ или совершенно не имѣютъ, или же содержатъ очень мало гликогена, количество котораго въ обратномъ случаѣ можетъ достигать очень большихъ предѣловъ.

Такимъ образомъ, гликогенъ и бѣлки являются составными частями вещества дрожжей, въ извѣстной мѣрѣ взаимно исключаящими другъ друга.

Все выше изложенное говоритъ за то, что трата, получающаяся при броженіи, зависитъ главнымъ образомъ отъ слѣдующихъ факторовъ: 1) отъ состава и концентраціи сбраживаемаго субстрата; 2) отъ температуры броженія; 3) отъ расы дрожжей; 4) отъ величины посѣва; 5) отъ степени сбраживанія, которой отвѣчаетъ конецъ броженія въ данномъ производствѣ; 6) отъ того, имѣетъ мѣсто или нѣтъ продуваніе воздуха при броженіи, а также отъ

¹⁾ „Ueber d. Efw. im. Hefeleb.“ F. Hayduck. 54 стр.

²⁾ Wochenschr. f. Brauer. 1910 г. 268 стр.

многихъ другихъ условій, въ связи съ которыми протекаетъ броженіе. Вліяніе этихъ факторовъ въ отдѣльныхъ производствахъ алкогольнаго броженія очень неодинаково, въ силу чего и траты броженія при нихъ не только будутъ различаться, но въ иныхъ случаяхъ даже не могутъ быть сравнимы. Причины этого кромѣ того лежатъ во вліяніи на величину траты при броженіи еще ряда приводящихъ обстоятельствъ, ничего общаго не имѣющихъ съ процессомъ алкогольнаго броженія въ прямомъ смыслѣ этого слова, какъ, напр., механическія потери сбрасываемаго экстракта, побочныя броженія, испареніе и выдуваніе алкоголя и т. п. Все это создаетъ такое рѣзкое различіе въ величинѣ практическихъ нормъ тратъ броженія въ отдѣльныхъ бродильныхъ производствахъ, которое во всякомъ случаѣ не можетъ быть объяснено только неодинаковыми условіями собственно процесса броженія въ прямомъ смыслѣ этого слова; такъ, напр., по даннымъ Кібу ¹⁾ при воздушно-дрожжевомъ производствѣ съ совершеннымъ оборудованіемъ завода трата при броженіи составляетъ около 14% по вѣсу затираемаго матеріала. При хорошемъ производствѣ въ винокурениі она равна по Дельбрюку ²⁾ 7.5% по вѣсу взятаго для сбрасыванія сахара.

Въ пивовареніи же, судя по даннымъ спеціальной литературы, потеря при броженіи принимается равной 3—4½% ³⁾ по вѣсу сбрасываемаго экстракта, хотя въ практикѣ принимаютъ ее часто еще большей, тогда какъ по изслѣдованію Schönfeld-a ⁴⁾ она въ дѣйствительности значительно ниже и лежитъ около 2%. Такимъ образомъ, практическими нормами тратъ при броженіи отдѣльныхъ техническихъ производствъ во всякомъ случаѣ невозможно пользоваться въ качествѣ масштаба для сравненія съ тратами броженія въ иныхъ условіяхъ. Такого рода масштабомъ могли-бы быть данныя спеціальныхъ изслѣдованій относительно величины траты броженія и ея колебаній въ связи съ опредѣленными условіями сбрасыванія въ смыслѣ состава, концентраціи суслу, температуры и степени сбрасыванія и, наконецъ, расы дрожжей.

Относительно вліянія степени сбрасыванія на величину траты при броженіи вопросъ почти совершенно не затронутъ. Между тѣмъ онъ представляетъ интересъ во многихъ отношеніяхъ. Въ виду этого въ данномъ случаѣ для выясненія зависимости

¹⁾ Chem. Zeitung 1911 г. 435 стр.

²⁾ „Hand. d. Spiritusfabr.“ Maercker-Delbrück 8 Aufl. 681 стр.

³⁾ Wochenshr. f. Brauer. 1909 г. 437 стр.

⁴⁾ Тамъ же. 1905 г. 407—9 стр.

величины траты экстракта, подвергающагося броженію отъ степени сбраживанія, были поставлены соотвѣтствующіе опыты, описаніе и результаты которыхъ приводятся ниже.

Предназначенное для этихъ опытовъ сусло помѣщается въ карлсбергскую мѣдную колбу емкостью на 15 литровъ и доводится на песчаной банѣ до кипѣнія, которое поддерживается одинъ часъ. Послѣ этого отверстие, черезъ которое изъ колбы выходилъ во время кипяченія паръ, закрывается ватнымъ стерильнымъ фильтромъ. Кипяченіе повторяется дважды черезъ 2 дня. Затѣмъ сусло оставляется при комнатной температурѣ для осажденія выдѣлившихся при кипяченіи нерастворимыхъ веществъ. Черезъ 5—7 дней сусло съ отсѣвшаго осадка осторожно сливается изъ нижняго отверстия колбы, фильтруется черезъ плотный бумажный фильтръ и разливается пипеткой на 100 куб. сент. по стекляннымъ колбамъ емкостью на 500 куб. сент. каждая. Эти колбы передъ наполненіемъ ихъ сусломъ предварительно закрываются ватными пробками и стерилизуются нагрѣваніемъ въ сушильномъ шкафу при 160—170° С. въ теченіе часа. Такимъ образомъ подготовленныхъ колбъ берется 2 ряда. Въ колбы одного ряда наливается по 200 куб. сент., въ колбы другого ряда—по 100 куб. сент. того же сусла и по 100 куб. сент. воды. Благодаря этому во второмъ ряду колбъ сусло получается съ концентраціей вдвое меньшей, чѣмъ въ первомъ. По наполненіи каждая изъ колбъ снова тотчасъ же закрывается ватной пробкой и затѣмъ всѣ онѣ одновременно стерилизуются текучимъ паромъ въ коховскомъ стерилизаторѣ. Черезъ сутки послѣ окончательной стерилизаціи сусла во всѣ колбы, кромѣ двухъ изъ нихъ въ каждомъ ряду, прививается ушкомъ платиновой проволоки чистая культура опредѣленной расы дрожжей. Послѣ этого ватныя пробки колбъ замѣняются обычными пробками, снабженными бродильными затворами съ крѣпкой сѣрной кислотой. Снаряженные указаннымъ образомъ бродильныя колбы слегка взбалтываются, взвѣшиваются съ точностью до 0.01 грамма и помѣщаются для броженія въ термостатъ при соотвѣтствующей температурѣ. Всѣ прививки производились въ перевивочномъ шкафу, предварительно стерилизованномъ обтираніемъ его стѣнокъ губкой, смоченной растворомъ сулемы концентраціи 0.001%. Пробки съ бродильными затворами передъ закрываніемъ ими бродильныхъ колбъ обжигались пламенемъ бунзеновской горѣлки.

Прививаемыя въ бродильныя колбы дрожжи предварительно освѣжались двухсуточнымъ броженіемъ въ пивномъ суслѣ при 25° С. во фрейденрейховскихъ колбочкахъ. Такихъ колбочекъ, од-

новременно прививаемыхъ одной и той же культурой дрожжей, для каждаго опыта бралось двѣ, — по одной для каждаго ряда колбъ. Такимъ образомъ, всѣ бродильныя колбы одновременно прививались одной и той же культурой дрожжей, взятой для каждаго ряда изъ особой предназначенной для него фрейденрейховской колбочки.

Течение броженія наблюдалось по потерѣ вѣса колбъ. Сообразуясь съ этимъ, черезъ нѣкоторые промежутки, необходимые для достиженія желательной степени сбраживанія, соотвѣтствующія колбы послѣдовательно открывались и содержимое ихъ анализировалось.

Взбалтываніемъ сусло въ значительной мѣрѣ освобождалось отъ содержащейся въ ней углекислоты и затѣмъ количественно при многократномъ смываніи бродильной колбы водою переводилось въ взвѣшенную мѣрную колбу. Емкость послѣдней при неразбавленномъ исходномъ суслѣ была равна одному литру, а при разбавленномъ — $\frac{1}{2}$ литра.

Доведя содержимое мѣрной колбы доливаніемъ водою до черты и взвѣсивъ ее съ точностью до 0.01 грамма, послѣ основательнаго взбалтыванія жидкость фильтруется при помощи большой стеклянной воронки, плотно закрываемой во время фильтрованія стеклянной пластинкой для устраненія возможности испаренія.

Фильтрація производилась черезъ сухой плотный бумажный фильтръ. Въ фильтратѣ количественно опредѣляется содержаніе алкоголя, экстракта, оставшагося несброженнымъ, и азота — по методу Kjeldahl — я.

Для опредѣленія экстракта отвѣшивается въ стеклянную чашку съ точностью до 0,01 гр. около 150 граммъ указаннаго фильтрата. На водяной банѣ эта проба выпаривается до $\frac{1}{3}$ ея первоначальнаго объема, охлаждается и доливается водою точно до первоначальнаго вѣса. Послѣ этого пикнометрически опредѣляется уд. вѣсъ полученной жидкости, на основаніи котораго по таблицамъ Balling-a¹⁾ находится процентное содержаніе экстракта, заключающагося въ фильтратѣ раствора изслѣдуемой пробы сброженнаго сусла. Помножая найденное процентное содержаніе экстракта на вѣсъ всей пробы, послѣ того какъ она переведена въ мѣрную колбу и разбавлена доливаніемъ водою до черты, получаемъ съ нѣкоторымъ приближеніемъ общее количество оставшагося несброженнымъ экстракта.

Для опредѣленія содержанія алкоголя отвѣшивается съ точностью до 0,01 грамма въ перегонную колбу на 500 куб. сент. 100 граммъ фильтрата, прибавляется 50 куб. сент. воды, послѣ

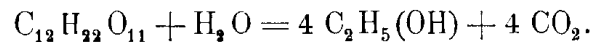
1) „Das chemische Laboratorium des Brauers“ W. Windisch 1907 г. 40 стр.

чего отгоняется съ дефлегматоромъ 100 куб. сент. погона. Приёмникомъ служить взвѣшенная мѣрная колба на 100 куб. сент., содержимое которой по наполненіи алкогольнымъ погономъ до черты доливаютъ водой до тѣхъ поръ, пока вѣсъ всей жидкости сдѣлается равнымъ точно 100.00 гр.

Въ полученной такимъ образомъ жидкости пикнометрически опредѣляютъ удѣльный вѣсъ и по таблицѣ Nehner-a ¹⁾ находятъ вѣсовое процентное содержаніе алкоголя, относящееся непосредственно къ фильтрату раствора сброженной изслѣдуемой пробы.

Всѣ опредѣленія удѣльнаго вѣса производились съ помощью пикнометровъ емкостью на 50 куб. сент. Общее содержаніе алкоголя въ пробѣ получалось помноженіемъ найденнаго процентнаго содержанія алкоголя въ пробѣ на вѣсъ ея, послѣ того какъ она была переведена въ мѣрную колбу и разбавлена доливаніемъ водой до опредѣленнаго объема этой колбы. Произведеніе этихъ величинъ даетъ количество образовавшагося при броженіи алкоголя.

Въ пивоваренномъ суслѣ, сбраживаемомъ въ разсматриваемыхъ опытахъ, алкоголь образуется главнымъ образомъ за счетъ мальтозы, въ силу чего уравненіе, опредѣляющее количественное соотношеніе сахара и образующагося отъ броженія его алкоголя, можетъ быть принято такимъ:



Отсюда вытекаетъ, что для полученія одной вѣсовой части алкоголя необходимо сбродить 1.859 вѣсовыхъ частей мальтозы. На основаніи этого по найденному количеству алкоголя въ каждой изъ изслѣдуемыхъ пробъ можно вычислить, сколько сбродило мальтозы. Складывая эту послѣднюю величину съ количествомъ оставшагося несброженнымъ экстракта и вычитая сумму изъ количества экстракта, заключавшагося въ сладкомъ суслѣ каждой сбраживавшейся пробы, получимъ трату при сбраживаніи въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ.

• Для опредѣленія всего количества экстракта въ исходномъ суслѣ, заключающемся въ каждой бродильной колбѣ даннаго ряда, служатъ двѣ изъ нихъ, оставляемые безъ прививки дрожжей.

Опредѣленіе экстракта въ сладкомъ суслѣ ведется въ точно такихъ же условіяхъ, какъ и въ сброженномъ, т. е. все сладкое сусло бродильной колбы количественно переводится въ соответствующую взвѣшенную мѣрную колбу. Емкость послѣдней при неразбавленномъ суслѣ 1 литръ, при разбавленномъ $\frac{1}{2}$ литра.

¹⁾ „Die Untersuchung landw. und gewerblich wichtiger Stoffe“ J. König 3 Aufl. 1906 г. 1031 стр.

Затѣмъ мѣрная колба доливаеся водой до черты, взвѣшивается, взбалтывается и содержимое ея фильтруется черезъ плотный сухой бумажный фильтръ. Удѣльный вѣсъ фильтрата опредѣляется пикнометрически, на основаніи чего уже указаннымъ образомъ вычисляется количество экстракта содержащагося въ исходномъ сбраживаемомъ суслѣ каждой отдѣльной бродильной колбы даннаго ряда.

Кромѣ экстракта въ фильтратѣ раствора сладкаго сбраживаемаго суслу также опредѣлялось по методу Kjeldahl-я содержаніе азота, для чего на каждое опредѣленіе бралось по 50 куб. сент. раствора. Всѣ опредѣленія велись въ параллельныхъ пробахъ.

Нѣкоторая неточность указаннаго способа вычисленія траты экстракта при броженіи обусловливается тѣмъ, что въ данномъ случаѣ принимается вся проба за растворъ, тогда какъ въ ней, кромѣ жидкости, содержится еще извѣстное количество нерастворенныхъ веществъ, напр. дрожжей, свернувшихя бѣлковъ и т. п. Въ силу этого вѣсъ раствора, къ которому мы относимъ въ предыдущихъ вычисленіяхъ найденное анализомъ процентное содержаніе экстракта и алкоголя, въ дѣйствительности долженъ быть нѣсколько меньшимъ принятаго. Численное значеніе этого уменьшенія зависитъ отъ объема, занимаемаго дрожжами и другими нерастворимыми веществами, выдѣляющимися при броженіи.

Изъ опытныхъ данныхъ Schönfeld-a ¹⁾ вытекаетъ, что въ пивовареніи къ концу броженія въ чанахъ количество дрожжей и всѣхъ нерастворимыхъ выдѣленій, образующихся при броженіи, считая ихъ на густыя дрожжи, отвѣчаетъ 1.72 объемнымъ процентамъ отъ сбраживаемой жидкости, а такъ какъ объемы сбраживаемой и сброженной жидкости очень близки другъ къ другу, а по даннымъ Kosutany ²⁾—даже равны между собою, то тѣ же проценты можно отнести и къ сброженному суслу. Но въ „густыхъ дрожжахъ“, на которыя считаетъ Schönfeld, дѣйствительное содержаніе дрожжей представляетъ собой только половину объема, такъ какъ остальное занято жидкостью, а потому объемъ дрожжей, какъ таковыхъ, составитъ при этомъ только 0.85 объемныхъ процентовъ отъ сброженнаго суслу. Въ условіяхъ разсматриваемыхъ опытовъ сброженное суслу при переводѣ въ мѣрную колбу разбавляется въ 5 разъ, поэтому объемъ, занимаемый дрожжами въ этомъ случаѣ, составляетъ только $\left(\frac{0.85}{5}\right) = 0.17\%$ отъ объема всего раствора пробы. Это и составляетъ причину той

¹⁾ Wochenschr. f. Brauer. 1910 г. 58 стр.

²⁾ Die landwirtschaftl. Versuchs-Station. 1897 г. XLIX т. 182 стр.

небольшой ошибки, которая имѣетъ мѣсто въ данномъ случаѣ тогда, когда вѣсъ разбавленной пробы, переведенной въ мѣрную колбу, цѣликомъ принимается за растворъ, къ которому относится процентное содержаніе экстракта и алкоголя, найденныхъ анализомъ въ фильтратѣ каждой изслѣдуемой пробы сброженнаго сусла. Полученное численное значеніе уменьшенія объема раствора бродящей жидкости связано съ опредѣленными условіями броженія и съ извѣстной его стадіей, къ которымъ относятся данныя Schönfeld-a. Такимъ образомъ, численная величина поправки на объемъ не можетъ быть чѣмъ—либо постояннымъ уже по одному тому, что количество дрожжей, а слѣдовательно и ихъ объемъ, въ различные періоды броженія мѣняются. Въ силу этого для каждаго отдѣльнаго случая указанную поправку должно установить особо вычисленіемъ объема, занимаемаго дрожжами, имѣющимися въ бродящемъ суслѣ данной пробы.

Въ условіяхъ разсматриваемыхъ опытовъ этотъ объемъ можно съ извѣстнымъ приближеніемъ опредѣлить, исходя изъ допущенія, что вся трата обусловливается переходомъ сбраживаемаго вещества только въ дрожжи, т. е., что численное значеніе траты выражаетъ исключительно количество сухого вещества образовавшихся дрожжей.

Содержаніе сухого вещества въ отпрессованныхъ дрожжахъ, лишенныхъ излишней жидкости, имѣющей, напр., въ густыхъ дрожжахъ, составляетъ по даннымъ многихъ авторовъ около 30% отъ ихъ вѣса.

Уд. вѣсъ дрожжей по даннымъ Schönfeld-a и Rommel-я ¹⁾, а также Kusserow-a ²⁾, Hirt-a ³⁾ и др. можно въ среднемъ принять равнымъ 1.10.

При такихъ условіяхъ объемъ, занимаемый дрожжами, опредѣляется по формулѣ (I); вѣсъ жидкости раствора пробы, отвѣчающій этому объему, даетъ формула (II), а поправки на найденныя количества оставшагося въ пробѣ экстракта и сброженной мальтозы получаютъ изъ формулъ (III) и (IV).

$$\frac{100 \times t}{S_g \times U_g} \quad (I); \quad \frac{100 \times t}{S_g \times U_g} \times U_p \quad (II)$$

$$\frac{100 \times t}{S_g \times U_g} \times U_p \times e \quad (III); \quad \frac{100 \times t}{S_g \times U_g} \times U_p \times 1,859 \times a \quad (IV),$$

¹⁾ Wochenschr. f. Brauer. 1906 г. 523 стр.

²⁾ Wochenschr. f. Brauer. 1906 г. 527 стр.

³⁾ Wochenschr. f. Brauer. 1906 г. 436 стр.

гдѣ приняты слѣдующія обозначенія:

t —трата экстракта въ грамахъ, найденная предыдущими вычислениями, не принимавшими во вниманіе дрожжи и занимаемый ими объемъ;

S_g —вѣсовое процентное содержаніе сухого вещества въ дрожжахъ, принимаемое равнымъ 30%;

U_g —удѣльный вѣсъ дрожжей, равный 1.10;

U_p —удѣльный вѣсъ фильтрата раствора пробы сброженнаго сусла непосредственно;

a —вѣсовой процентъ алкоголя въ фильтратѣ раствора пробы сброженнаго сусла;

e —вѣсовой процентъ оставшагося несброженнымъ экстракта въ фильтратѣ раствора той же пробы сброженнаго сусла;

1.859—коэффициентъ для перехода отъ алкоголя на сброженный сахаръ.

Численныя величины поправокъ, получающихся по формуламъ (III) и (IV), выражаютъ собой количества оставшагося послѣ броженія экстракта и сброженнаго сахара, которыя отвѣчаютъ раствору сброженнаго сусла, взятаго въ объемъ дрожжей данной пробы. А потому на величины этихъ поправокъ слѣдуетъ уменьшить соотвѣтствующія количества какъ сброженной мальтозы, такъ и оставшагося экстракта, найденныя вычислениями, при которыхъ вѣсъ раствора сброженнаго сусла цѣликомъ трактовался какъ жидкость, не смотря на то, что въ тотъ же вѣсъ входили дрожжи, находящіяся здѣсь.

При указанныхъ условіяхъ разбавленія каждой пробы сброженнаго сусла передъ ея анализомъ, поправки на объемъ, занимаемый дрожжами, составляютъ въ общей сложности, какъ показали вычисления, около 10% отъ величины траты, получаемой тогда, когда не принимаются во вниманіе присутствующія въ растворѣ дрожжи.

При непосредственномъ опредѣленіи количества дрожжей описанный методъ анализа при указанномъ способѣ вычисленія траты съ поправками на дрожжи могъ бы дать точные результаты. Но когда прямого опредѣленія количества дрожжей не производится, то величина тратъ при броженіи получается съ извѣстнымъ приближеніемъ. Степень послѣдняго обусловливается величиной разности между общей тратой и дѣйствительной тратой на дрожжи. Совершенно игнорируя при вычисленіи дрожжи, дѣлаемъ ошибку въ опредѣленіи траты около 10% отъ ея величины.

Т А Б Л И Ц А У П.

№ №			Содерж. въ исходномъ суслѣ кажд. пробы.		Концентрація исходнаго суслѣ въ 0 Ball.	Раса дрожжей.	Температура ° С.	Продолжительность броженія.	
Опыта.	Ряда.	Пробы.	Экстракта граммъ.	Азота граммъ.				Дни.	Часы.
1	—	—	36.1998	0.2667	16.91	XII в. бр.	28 ₅ —29 ₅ ⁰ .		
"	A	1	"	"	"	"	"	1	5.5
"	"	2	"	"	"	"	"	1	11.0
"	"	3	"	"	"	"	"	1	14.5
"	"	4	"	"	"	"	"	1	20.5
"	"	5	"	"	"	"	"	2	7.0
"	"	6	"	"	"	"	"	2	13.5
"	"	7	"	"	"	"	"	3	0.5
"	"	8	"	"	"	"	"	3	10.0
1	—	—	17.7971	0.1315	8.61	XII в. бр.	28 ₅ —29 ₅ ⁰ .		
"	B	1	"	"	"	"	"	1	5.5
"	"	2	"	"	"	"	"	1	9.0
"	"	3	"	"	"	"	"	1	11.5
"	"	4	"	"	"	"	"	1	13.0
"	"	5	"	"	"	"	"	1	20.5
"	"	6	"	"	"	"	"	2	13.5
"	"	7	"	"	"	"	"	3	0.5
"	"	8	"	"	"	"	"	4	6.0

Общее содержаніе для каждой пробы въ граммахъ.			Степень сбраживания по оставшемуся экстракту.	Трата экстракта при броженіи.			Трата азота.	
Мальтозы сброженной.	Экстракта оставшагося.	Экстракта сброженного.		Въ граммахъ.	Въ % содерж. въ исходн. сусль.	Въ % сброженного экстракта.	Въ граммахъ.	Въ % его содерж. въ исход. сус.
1.9085	32.2436	3.9562	10.93 ⁰ ₀	2.0477	5.66 ⁰ ₀	51.76 ⁰ ₀	0.0594	22.27 ⁰ ₀
6.7559	27.1466	9.0532	25.01 „	2.2973	6.35 „	25.37 „	0.0628	23.55 „
11.0872	21.8246	14.3752	39.71 „	3.2880	9.06 „	22.87 „	—	—
12.5949	20.1841	16.0157	44.24 „	3.4208	9.45 „	21.36 „	0.0662	24.82 „
16.6872	16.6920	19.5078	53.89 „	2.8206	7.79 „	14.46 „	0.0696	26.10 „
19.6749	14.6923	21.5075	59.41 „	1.8326	5.08 „	8.52 „	0.0700	26.25 „
21.8915	12.5658	23.6340	65.28 „	1.7425	4.81 „	7.37 „	0.0772	28.95 „
23.1773	11.5346	24.6652	68.32 „	1.4879	4.11 „	6.03 „	0.0693	25.98 „
2.4458	14.4407	3.3564	18.86 ⁰ ₀	0.9106	5.12 ⁰ ₀	27.13 ⁰ ₀	0.0338	25.71 ⁰ ₀
4.2100	12.3900	5.4071	30.38 „	1.1971	6.73 „	22.14 „	—	—
6.7872	9.4556	8.3415	46.87 „	1.5563	8.74 „	18.66 „	0.0471	35.82 „
7.8585	8.4042	9.3929	52.78 „	1.5344	8.62 „	16.33 „	—	—
9.2539	7.0956	10.7015	60.13 „	1.4476	8.13 „	13.50 „	0.0540	41.06 „
10.9909	5.6063	12.1908	68.50 „	1.1999	6.74 „	9.84 „	0.0539	40.99 „
11.2361	5.4735	12.3236	69.24 „	1.0875	6.11 „	8.82 „	0.0539	40.99 „
11.5753	5.2650	12.5321	70.42 „	0.9568	5.37 „	7.63 „	0.0468	35.59 „

Т А Б Л И Ц А У І І.

№ №			Содерж. въ исходномъ суслѣ кажд. пробы.		Концентрація исходнаго сусла въ ° Ball.	Раса дрожжей.	Температура ° С.	Продолжитель- ность броженія.	
Опыта.	Ряда.	Пробы.	Экстракта граммъ.	Азота граммъ.				Дни.	Часы.
2	—	—	39.7200	0.2667	18.45	XII в. бр.	17.50		
"	A	1	"	"	"	"	"	4	18.0
"	"	2	"	"	"	"	"	5	6.0
"	"	3	"	"	"	"	"	5	18.0
"	"	4	"	"	"	"	"	6	18.0
"	"	5	"	"	"	"	"	7	2.0
"	"	6	"	"	"	"	"	7	19.0
"	"	7	"	"	"	"	"	8	21.0
2	—	—	20.0070	0.1330	9.66	XII в. бр.	17.50		
"	B	1	"	"	"	"	"	3	18.0
"	"	2	"	"	"	"	"	4	8.0
"	"	3	"	"	"	"	"	4	18.0
"	"	4	"	"	"	"	"	5	13.0
"	"	5	"	"	"	"	"	6	21.0
"	"	6	"	"	"	"	"	9	2.0

Общее содержаніе для каждой пробы въ граммахъ.			Степень сбраживания по оставшемуся экстракту.	Трата экстракта при броженіи.			Трата азота.	
Мальтозы сброженной.	Экстракта оставшагося.	Экстракта сброженного.		Въ граммахъ.	Въ % его содержанія въ исходномъ сусльѣ.	Въ % сброженного экстракта.	Въ граммахъ.	Въ % его содерж. въ исход. сус.
4.8187	33 0676	6.6524	16.75 %	1.8337	4.62 %	27.56 %	0.0293	10.99 %
9.6849	27 6203	12.0997	30.46 „	2.4148	6.08 „	19.96 „	0.0348	13.05 „
12.6082	24.5508	15.1692	38.19 „	2.5610	6.45 „	16.88 „	0.0349	13.09 „
16.5826	20 7221	18.9979	47.83 „	2.4153	6.08 „	12.71 „	0.0348	13.05 „
18.5142	19.5361	20.1839	50.80 „	1.6697	4.20 „	8.27 „	0.0420	15.75 „
20.8637	17.5129	22.2071	55.91 „	1.3434	3.58 „	6.05 „	0.0562	21.07 „
23.1626	15.2551	24.4649	61.59 „	1.3023	3.28 „	5.32 „	0.0554	20.77 „
2.9243	15.6797	4.3273	21.63 „	1.4030	7.01 „	32.42 „	—	—
6.3104	12.2877	7.7193	38.58 „	1.4089	7.04 „	18.25 „	0.0275	20.68 „
8.3060	10.5384	9.4686	47.33 „	1.1626	5.81 „	12.28 „	0.0344	25.86 „
10.4419	8.6133	11.3937	56.95 „	0.9518	4.75 „	8.35 „	0.0416	31.28 „
11.7033	7.3612	12.6458	63.21 „	0.9425	4.71 „	7.45 „	0.0459	34.48 „
12.1599	7.0163	12.9907	64.93 „	0.8308	4.15 „	6.39 „	0.0485	36.47 „

Т А Б Л И Ц А IX.

№ №			Содерж. въ исходномъ суслѣ кажд. пробы.		Концентрація исходнаго сусла въ ° Ball.	Раса дрожжей.	Температура ° С.	Продолжитель- ностъ броженія.	
Опыта.	Ряда.	Пробы.	Экстракта граммъ.	Азота граммъ.				Дни.	Часы.
3	—	—	38.6118	0.2876	17.98	XII в. бр.	8—10 ⁰		
"	A	1	"	"	"	"	"	7	4.0
"	"	2	"	"	"	"	"	7	19.0
"	"	3	"	"	"	"	"	8	19.0
"	"	4	"	"	"	"	"	10	6.0
"	"	5	"	"	"	"	"	11	8.0
"	"	6	"	"	"	"	"	12	13.0
"	"	7	"	"	"	"	"	20	8.0
3	—	—	19.2863	0.1444	9.29	XII в. бр.	8—10 ⁰		
"	B	1	"	"	"	"	"	7	4.0
"	"	2	"	"	"	"	"	7	19.0
"	"	3	"	"	"	"	"	8	19.0
"	"	4	"	"	"	"	"	10	20.0
"	"	5	"	"	"	"	"	11	22.0
"	"	6	"	"	"	"	"	13	3.0
4	—	—	38.6118	0.2876	17.98	D н. бр.	8—10 ⁰		
"	A	1	"	"	"	"	"	6	21.0
"	"	2	"	"	"	"	"	7	9.0
"	"	3	"	"	"	"	"	8	11.0
"	"	4	"	"	"	"	"	9	11.0
"	"	5	"	"	"	"	"	11	3.0
"	"	6	"	"	"	"	"	12	21.0

Общее содержаніе для каждой пробы въ граммахъ.			Степень брожения по оставшемуся экстракт.	Трата экстракта при броженіи.			Трата азота.	
Мальтозы сброженной.	Экстракта оставшагося.	Экстракта сброженного		Въ граммахъ.	Въ % его содерж. въ исходномъ сусль.	Въ % сброженного экстракта.	Въ граммахъ.	Въ % его содерж. въ исходномъ сусль.
3.9582	33.9659	4.6459	12.03%	0.6377	1.75%	14.80%	0.0752	26.16%
7.8941	29.8260	8.7858	22.76 „	0.8917	2.31 „	10.15 „	0.0805	27.93 „
13.6533	23.6751	14.9367	38.68 „	1.2834	3.34 „	8.59 „	0.0875	30.43 „
17.7292	19.2749	19.3369	50.08 „	1.6077	4.16 „	8.31 „	0.0913	31.76 „
20.8671	16.0356	22.5762	61.06 „	1.7091	4.43 „	7.57 „	0.0946	32.88 „
23.0053	14.5423	24.0895	62.34 „	1.0642	2.91 „	4.42 „	0.0946	32.90 „
24.1190	13.5366	25.0752	64.94 „	0.9562	2.61 „	3.81 „	0.0909	31.61 „
1.9458	16.9738	2.3125	11.99 „	0.3667	1.90 „	15.86 „	0.0371	25.66 „
4.4025	14.1082	5.1781	26.84 „	0.7756	4.02 „	14.98 „	0.0405	28.03 „
8.3300	9.8177	9.4686	49.09 „	1.1386	5.90 „	12.02 „	0.0474	32.86 „
10.5399	7.6470	11.6393	60.35 „	1.1004	5.71 „	9.45 „	0.0476	32.97 „
11.3479	7.2495	12.0368	62.41 „	0.6889	3.57 „	5.72 „	0.0475	32.90 „
12.0205	6.7744	12.5119	64.87 „	0.4914	2.55 „	3.93 „	0.0475	32.90 „
9.9241	27.2092	11.4026	29.53 „	1.4785	3.82 „	12.96 „	0.0784	27.25 „
11.7729	24.8722	13.7396	35.58 „	1.9667	5.09 „	14.31 „	0.0827	28.75 „
15.6482	20.8722	17.7396	45.94 „	2.0914	5.42 „	11.78 „	0.0864	30.05 „
18.6590	18.5686	20.0432	51.91 „	1.3842	3.58 „	6.91 „	0.0866	30.12 „
20.9660	16.3302	22.2816	57.71 „	1.3156	3.41 „	5.90 „	0.0865	30.07 „
23.3149	14.2472	24.3616	63.10 „	1.0437	2.72 „	4.30 „	0.0865	30.07 „

Если же принимаемъ общую трату цѣликомъ за трату на дрожжи, то неточность опредѣленія будетъ уже обуславливаться только разностью указанныхъ тратъ. Но эта разность, конечно, меньше общей траты, а потому и ошибка, вызываемая ею, должна быть во столько же разъ меньше ошибки предыдущаго опредѣленія, во сколько названная разность менѣе общей траты, т. е., во всякомъ случаѣ, максимумъ неточности такого опредѣленія будетъ при этомъ менѣе 10% отъ дѣйствительной величины общей траты.

Численную величину этой ошибки для каждаго отдѣльнаго случая можно было бы установить, исходя изъ количественнаго соотношенія траты на дрожжи и траты на другіе газообразные и жидкіе побочные продукты алкогольнаго броженія. Короче говоря, это устанавливается количественнымъ соотношеніемъ „опредѣленной“ и „неопредѣленной траты“ при броженіи. При чемъ подъ понятіемъ—„опредѣленная трата“ въ данномъ случаѣ подразумѣвается трата на дрожжи, тогда какъ всѣ остальные траты охватываются понятіемъ „траты неопредѣленной“.

Изъ сравненія величинъ общихъ тратъ экстракта и тратъ азота, выраженныхъ въ граммахъ и приведенныхъ въ таблицахъ VII, VIII и IX, можно составить извѣстное представленіе о количественномъ соотношеніи опредѣленныхъ и неопредѣленныхъ тратъ въ отдѣльныхъ случаяхъ сбраживанія.

Неопредѣленная трата представляетъ собой величину, возрастающую по мѣрѣ повышения степени сбраживанія. При чемъ возрастаніе идетъ какъ абсолютное, такъ и относительное. Первое потому, что къ концѣ броженія получается максимумъ побочныхъ продуктовъ броженія; второе въ виду того, что опредѣленная трата, обуславливаемая образованіемъ вещества дрожжей, становится къ концу броженія меньшей благодаря нѣкоторому убыванію массы дрожжей.

Высокое содержаніе бѣлковъ и гликогена въ извѣстной мѣрѣ исключаютъ другъ друга. При чемъ высшій процентъ бѣлковъ въ дрожжахъ отвѣчаетъ окончанію броженія. Возьмемъ пробу съ наивысшей степенью сбраживанія изъ разсматриваемаго ряда и предположимъ при этомъ максимальное содержаніе бѣлковъ въ дрожжахъ, напр., 70% по вѣсу ихъ. Этимъ принимаются условія, при которыхъ неопредѣленная трата будетъ наивысшей, т. е. когда разность вѣса общей траты и вѣса сухого вещества образовавшихся дрожжей будетъ наибольшей. Указанная разность при пробѣ съ высшей степенью сбраживанія будетъ вмѣстѣ съ тѣмъ отвѣчать наибольшей неопредѣленной тратѣ изъ возможныхъ для даннаго ряда сбраживаемыхъ пробъ. Во всѣхъ преды-

душихъ пробахъ даннаго ряда съ меньшей степенью сбраживанія численныя величины неопредѣленныхъ тратъ будутъ или равны или ниже, чѣмъ въ послѣдней пробѣ. Принимая максимальную неопредѣленную трату послѣдней пробы, какъ относящуюся ко всѣмъ остальнымъ пробамъ даннаго ряда, сравнимъ соотношеніе величинъ опредѣленныхъ и неопредѣленныхъ тратъ при различныхъ степеняхъ сбраживанія. Что касается максимальной неопредѣленной траты даннаго ряда сбраживаемыхъ пробъ, то она находится слѣдующимъ образомъ. Для этого величина траты азота при пробѣ съ высшей степенью сбраживанія переводится помноженіемъ на 6,25 въ соответствующее количество бѣлковъ. Считая же содержаніе ихъ въ дрожжахъ равнымъ 70% по вѣсу сухого вещества, находимъ, исходя изъ этого, вѣсъ послѣдняго, что и представляетъ собой опредѣленную трату въ данной пробѣ. Вычитая эту величину изъ общей траты той же пробы, находимъ максимальную неопредѣленную трату для даннаго ряда сбраживаемыхъ пробъ суслу, одинаковыхъ по условіямъ броженія, но различныхъ по достигнутой въ нихъ степени сбраживанія.

Опредѣленныя траты всѣхъ другихъ пробъ съ низшей степенью сбраживанія получаются вычитаніемъ выше найденной максимальной неопредѣленной траты изъ общей траты каждой отдѣльной сбраживаемой пробы даннаго ряда. Вычисленныя указаннымъ образомъ опредѣленныя траты различныхъ пробъ сбраживаемаго суслу въ томъ или иномъ ряду ихъ сопоставлены въ таблицѣ X.

Изъ данныхъ этой таблицы видно, что найденныя вычисленіемъ траты на дрожжи измѣняются въ предѣлахъ отъ 38 до 94% величины общей траты, что отвѣчаетъ колебаніямъ неопредѣленной траты въ границахъ отъ 62 до 6 тѣхъ же процентовъ.

Но, какъ было ранѣе указано, при совершенномъ игнорированіи образующихся дрожжей въ результатахъ вычисленій, приводящихъ къ величинѣ общей траты, дѣлается ошибка около 10% отъ величины послѣдней. Если же общая трата цѣликомъ относится на дрожжи, то неточность вычисленія обуславливается уже только величиной неопредѣленной траты, а потому получающаяся при этомъ ошибка при вычисленіи величины общей траты должна колебаться въ предѣлахъ отъ 0.10×0.62 до 0.10×0.06 , т. е. въ предѣлахъ отъ 6.2 до 0.6% дѣйствительной величины общей траты, получающейся при сбраживаніи той или другой отдѣльной пробы. Границы эти въ дѣйствительности даже еще уже, такъ какъ неопредѣленныя траты для каждой пробы того или другаго ряда взяты при указанныхъ вычисленіяхъ нѣсколько большими, чѣмъ онѣ оказываются на самомъ дѣлѣ; это является слѣдствіемъ

Т а б л и ц а X.

№ №			Степень ображи- вания.	Трата (въ граммахъ).			Определен- ная трата въ % отъ траты общей.	Условия бро- жения.
Опыта.	Ряда.	Пробы.		Общая.	Неопре- дѣлен- ная.	Опредѣ- ленная.		
1	A	1	10.93 ⁰ / ₀	2.0477	0.8692	1.1785	57.5 ⁰ / ₀	28.5—29.5 ⁰ C. 16.91 ⁰ Ball. XII раса в. бр.
		2	25.01 "	2.2973	" ↑ "	1.4281	62.2 "	
		3	39.71 "	3.2880	" "	2.4188	73.6 "	
		4	44.24 "	3.4208	" "	2.5506	74.6 "	
		5	53.89 "	2.8206	" "	1.9514	69.2 "	
		6	59.41 "	1.8326	" "	0.9634	52.6 "	
		7	65.28 "	1.7425	" ↓ "	0.8733	50.1 "	
		8	68.32 "	1.4879	0.8692	0.6187	41.5 "	
1	B	1	18.86 ⁰ / ₀	0.9106	0.4179	0.4927	54.1 ⁰ / ₀	28.5—29.5 ⁰ C. 8.61 ⁰ Ball. XII раса в. бр.
		2	30.38 "	1.1971	" ↑ "	0.7792	65.1 "	
		3	46.87 "	1.5563	" "	1.1384	73.1 "	
		4	52.78 "	1.5344	" "	1.1165	72.7 "	
		5	60.13 "	1.4476	" "	1.0297	71.1 "	
		6	68.50 "	1.1999	" "	0.7820	65.2 "	
		7	69.24 "	1.0875	" ↓ "	0.6696	61.6 "	
		8	70.42 "	0.9568	0.4179	0.5389	56.3 "	
2	A	1	16.75 ⁰ / ₀	1.8337 ⁰ / ₀	0.8077	1.0260	55.9 ⁰ / ₀	17.5 ⁰ C. 18.45 ⁰ Ball. XII раса в. бр.
		2	30.46 "	2.4148 "	" ↑ "	1.6071	66.6 "	
		3	38.19 "	2.5610 "	" "	1.7533	68.5 "	
		4	47.88 "	2.4153 "	" "	1.6076	66.6 "	
		5	50.80 "	1.6697 "	" "	0.8620	51.6 "	
		6	55.91 "	1.3434 "	" ↓ "	0.5357	39.9 "	
		7	61.59 "	1.3023 "	0.8077	0.4946	38.0 "	

№ №			Степень сбражи- вания.	Трата (въ граммахъ)			Определен- ная трата въ % отъ траты общей.	Условия бро- жения.
Опыта.	Ряда.	Пробы.		Общая.	Неопре- дѣлен- ная.	Опредѣ- ленная.		
2	В	1	21.65%	1.4030	0.3978	1.0052	71.6%	17.5° С. 9.66° Ball. XII раса в. бр.
		2	38.58 "	1.4089	" ↑ "	1.0111	71.8 "	
		3	47.33 "	1.1626	" "	0.7648	65.8 "	
		4	56.95 "	0.9518	" "	0.5540	58.2 "	
		5	63.21 "	0.9425	" "	0.5447	57.8 "	
		6	64.93 "	0.8308	0.3978	0.4330	52.1 "	
3	А	1	12.03%	0.6877	0.1446	0.5431	79.0%	8—10° С. 17.98° Ball. XII раса в. бр.
		2	22.76 "	0.8917	" ↑ "	0.7471	83.8 "	
		3	38.68 "	1.2834	" "	1.1388	88.7 "	
		4	50.08 "	1.6077	" "	1.5631	97.2 "	
		5	61.06 "	1.7091	" "	1.5645	91.5 "	
		6	62.34 "	1.0642	" "	0.9196	84.9 "	
		7	64.94 "	0.9562	0.1446	0.8116	84.8 "	
3	В	1	11.99%	0.3667	0.0673	0.2994	81.6%	8—10° С. 9.29° Ball. XII раса в. бр.
		2	26.84 "	0.7756	" ↑ "	0.7083	91.3 "	
		3	49.09 "	1.1386	" "	1.0713	94.1 "	
		4	60.35 "	1.1004	" "	1.0331	93.9 "	
		5	62.41 "	0.6889	" "	0.6216	90.2 "	
		6	64.87 "	0.4914	0.0673	0.4241	86.3 "	
4	А	1	29.53%	1.4785	0.2774	1.2011	81.2%	8—10° С. 17.98° Ball. D. раса н. бр.
		2	35.58 "	1.9667	" ↑ "	1.6893	85.9 "	
		3	45.94 "	2.0914	" "	1.8140	86.7 "	
		4	51.91 "	1.3842	" "	1.1068	80.0 "	
		5	57.71 "	1.3156	" "	1.0382	78.9 "	
		6	53.10 "	1.0497	0.2774	0.7723	73.6 "	

того, что къ каждой изъ сбраживаемыхъ пробъ отнесена наивысшая неопредѣленная трата даннаго ряда. Между тѣмъ при среднихъ, а тѣмъ болѣе при низкихъ степеняхъ сбраживанія, неопредѣленная трата можетъ быть не только значительно меньше максимальной, но даже въ иныхъ случаяхъ можетъ равняться нулю.

Разсматривая по таблицамъ VII, VIII и IX траты экстракта при броженіи, можно видѣть, что послѣднія не являются чѣмъ—либо постояннымъ по величинѣ, но численно опредѣляются совокупностью всѣхъ условій, въ которыхъ ведется сбраживаніе; въ связи съ чѣмъ колебанія численной величины тратъ можетъ имѣть мѣсто въ очень широкихъ предѣлахъ. Судя по полученнымъ результатамъ произведенныхъ опытовъ, здѣсь очень важнымъ факторомъ являются концентрація сбраживаемаго сусла и температура броженія. Повышеніе концентраціи при прочихъ равныхъ условіяхъ увеличиваетъ абсолютное численное значеніе тратъ. Такъ, напр., вѣсь конечной траты въ ряду „А“ опыта № 3 почти въ два раза больше вѣса соотвѣтствующей траты ряда „В“ того же опыта благодаря увеличенію концентраціи сбраживаемаго сусла. Въ остальныхъ опытахъ это явленіе также наблюдается, но не въ такой степени.

Однако при этомъ не трудно видѣть, что трата увеличивается непропорціонально повышенію концентраціи сбраживаемаго сусла. Въ силу этого оказывается, что трата, выраженная въ процентахъ отъ сбраживаемаго экстракта съ уменьшеніемъ концентраціи въ большинствѣ случаевъ относительно возрастаетъ.

Повышеніе температуры, способствуя размноженію дрожжей, вліяетъ, увеличивая абсолютное численное значеніе траты, что вытекаетъ изъ сравненія конечныхъ тратъ опыта № 3 въ его рядахъ „А“ и „В“ съ соотвѣтствующими тратами въ тѣхъ же рядахъ опытовъ № 1 и № 2. Но, помимо усиленнаго размноженія дрожжей, увеличеніе траты при высокихъ температурахъ повидимому объясняется еще и имѣющимъ здѣсь мѣсто чрезвычайнымъ ростомъ неопредѣленныхъ тратъ. Относительно этого даетъ указаніе сравненіе величинъ опредѣленныхъ тратъ въ процентахъ тратъ общихъ, приведенныхъ въ таблицѣ X, откуда видно, что при 29° С. трата опредѣленная равна или даже меньше траты неопредѣленной, тогда какъ при низкихъ температурахъ она составляетъ величину въ 6—7 разъ большую послѣдней. Это обстоятельство въ значительной мѣрѣ объясняетъ ту рѣзкую разницу въ величинѣ нормальныхъ тратъ, получающихся при броженіи и принятыхъ практикою винокуреннаго производства и пивоваренія.

Вліяніе высокихъ температуръ броженія на повышеніе траты представляетъ фактъ извѣстный и по практическимъ даннымъ заводскаго винокуренія, такъ, напр., Heinzelmann и Hesse ¹⁾ давно указывали на то, что, поддерживая болѣе низкую температуру во время главнаго броженія и періода дображиванія, можно получать сравнительно повышенный выходъ спирта.

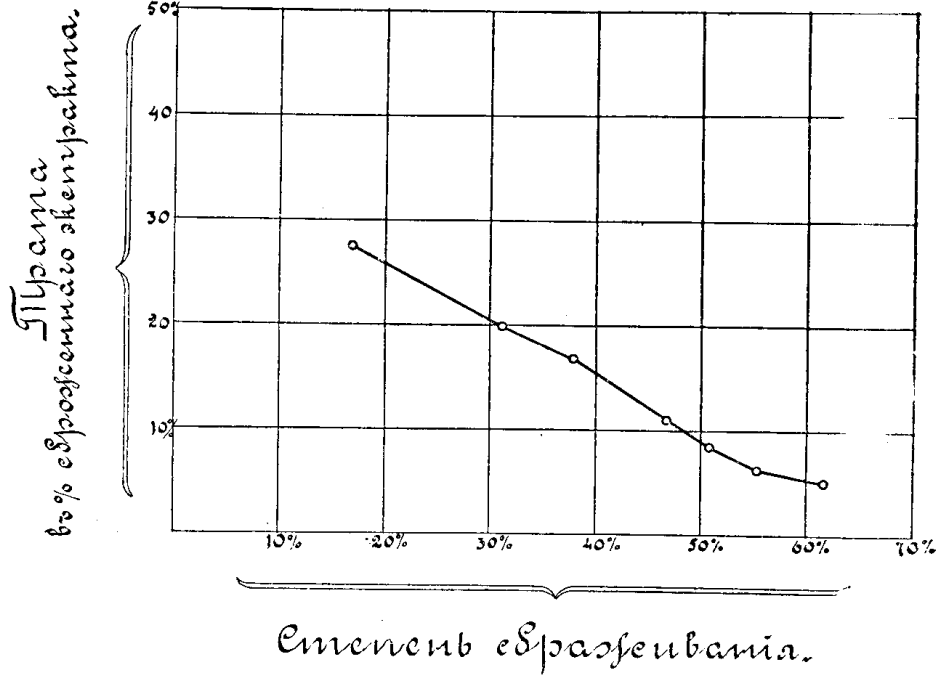
Не являясь постоянной при мѣняющихся условіяхъ, трата экстракта при броженіи и въ случаѣ неизмѣнности ихъ оказывается величиной, численно сильно колеблющейся въ различныя стадіи сбраживанія. При этомъ имѣетъ значеніе не только процессъ образованія новыхъ организмовъ, число которыхъ съ извѣстной стадіи процесса броженія прекращается, но также и способность этихъ организмовъ воспринимать извѣстныя вещества, временно скопля ихъ въ своемъ тѣлѣ въ качествѣ резервовъ питанія. А это вызываетъ значительныя измѣненія массы дрожжей при различныхъ степеняхъ сбраживанія, что въ свою очередь находится въ тѣсной связи съ колебаніями численной величины общей траты, подверженной, судя по даннымъ таблицъ VП, VІІІ и ІХ, значительнымъ измѣненіямъ въ теченіе броженія.

Такимъ образомъ, сравнивая траты въ отдѣльныхъ случаяхъ сбраживанія, необходимо брать непременно одинаковыя или во всякомъ случаѣ близкія другъ другу степени сбраживанія, такъ какъ въ противномъ случаѣ будетъ сравниваться несравнимое.

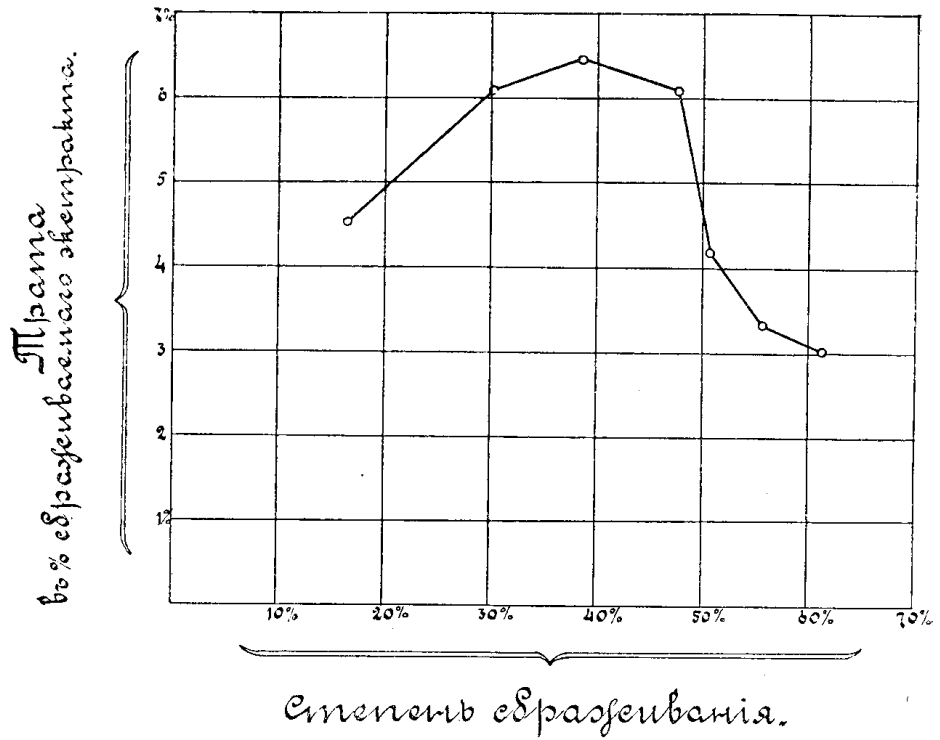
Если трата въ теченіе броженія можетъ значительно колебаться по своей абсолютной величинѣ, то эти колебанія сказываются еще болѣе тогда, когда трата выражается въ процентахъ сброженнаго вещества. Въ этомъ случаѣ величина траты броженія мѣняется, уменьшаясь отъ начала къ концу броженія во много разъ. Причина этого въ томъ, что при періодическомъ сбраживаніи въ обычной обстановкѣ условій заводскаго броженія, а тѣмъ болѣе въ лабораторіи при минимальныхъ прививкахъ ушкомъ платиновой проволоки, въ началѣ броженія идетъ главнымъ образомъ ростъ и накопленіе массы дрожжей, тогда какъ впоследствии имѣетъ мѣсто только броженіе, заканчивающееся сбраживаніемъ питательныхъ резервовъ самого тѣла дрожжей. Наглядное представленіе о паденіи величины траты при броженіи, выраженной въ процентахъ сброженнаго экстракта, даетъ, напр., діаграмма чертежа № 2, относящаяся къ опыту № (1—А). Въ этомъ чертежѣ на оси абсциссъ нанесены степени сбражива-

¹⁾ „Handb. d. Spiritusfabrik.“ Maercker-Delbrück 8 Aufl. 619 стр.

Черт. № 2.



Черт. № 3.



нія, а на оси ординатъ—общая трата броженія, выраженная въ процентахъ сброженнаго экстракта. Совсѣмъ иной характеръ имѣють измѣненія величины той же траты, но выраженной въ процентахъ сбраживаемаго экстракта, что представлено діаграммой слѣдующаго чертежа № 3.

Теперь возникаетъ вопросъ о томъ, въ какомъ отношеніи полученные данныя, касающіяся величины и колебаній тратъ броженія въ различныхъ условіяхъ разсмотрѣнныхъ опытовъ лабораторнаго сбраживанія, находятся къ тѣмъ тратамъ, какія можно наблюдать въ условіяхъ заводской практики отдѣльныхъ производствъ техники алкогольнаго броженія.

Конечно, непосредственное сравненіе и какія либо опредѣленныя заключенія изъ прямого сопоставленія того и другого не представляются возможными. За это говоритъ то, что броженіе въ заводской обстановкѣ тѣсно связано со многими вліяющими на величину траты привходящими процессами и явленіями, не имѣющими ничего общаго съ броженіемъ въ собственномъ смыслѣ этого слова. Кромѣ того, при разсматриваемыхъ опытахъ съ минимальными прививками вся масса образующихся дрожжей возникаетъ за счетъ сбраживаемаго экстракта, тогда какъ въ условіяхъ сбраживанія на заводѣ всегда значительная часть ихъ задается въ сбраживаемый субстратъ непосредственно передъ броженіемъ. Этимъ уменьшается трата на дрожжи и при томъ тѣмъ значительнѣе, чѣмъ больше количество задаваемыхъ дрожжей. Но если полученные данныя не могутъ непосредственно служить мѣриломъ правильности величины тратъ, имѣющихъ мѣсто въ отдѣльныхъ вѣтвяхъ техники броженія, то во всякомъ случаѣ онѣ достаточно опредѣленно указываютъ на то, какими факторами и въ какой мѣрѣ обусловливается полученная въ томъ или другомъ случаѣ величина траты и возможныя ея колебанія въ зависимости отъ условій, опредѣляющихъ явленіе броженія какъ таковое. Тогда же, когда процессъ броженія воспроизводится съ пивовареннымъ сусломъ, одинаковымъ съ тѣмъ, какое бралось для разсмотрѣнныхъ опытовъ, и когда броженіе ведется съ минимальными прививками на тѣхъ же чистыхъ культурахъ дрожжей въ условіяхъ, устраняющихъ возможность потерь, инфекціи и т. п., то въ такихъ случаяхъ ранѣе полученные траты, а также степень колебанія ихъ величины могутъ являться уже въ качествѣ масштаба, приложимаго къ получающимся здѣсь тратамъ. На основаніи всего выше изложеннаго, относящагося къ тратамъ, имѣющимъ мѣсто при періодическомъ сбраживаніи, можно сдѣлать слѣдующіе выводы:

1) Трата сбраживаемаго экстракта является неизбежной, но величина ея мѣняется въ зависимости отъ совокупности всѣхъ условій, опредѣляющихъ теченіе броженія.

2) Главнѣйшими факторами, опредѣляющими величину траты, является составъ сбраживаемаго субстрата, его концентрація и температура броженія.

3) При вполне опредѣленныхъ и постоянныхъ условіяхъ броженія трата мѣняется со степенью сбраживанія.

4) Общая трата экстракта при броженіи слагается изъ „опредѣленной траты“ на дрожжи и „траты неопредѣленной“ на жидкіе и газообразные побочные продукты броженія.

5) Количественное соотношеніе опредѣленныхъ и неопредѣленныхъ тратъ не является постояннымъ при измѣненіи температуры броженія, при чемъ повышеніе послѣдней измѣняетъ указанное отношеніе въ сторону увеличенія неопредѣленныхъ тратъ.

Все изложенное и сдѣланные выводы приводятъ къ тому, что во всѣхъ предложенныхъ формулахъ, опредѣляющихъ величину траты при броженіи, исходя изъ количественныхъ соотношеній сбраживаемаго, сброженнаго, оставшагося экстракта и полученныхъ продуктовъ броженія не достаетъ еще очень многого, чтобы охватить явленіе броженія во всемъ цѣломъ, а потому и численные величины тратъ, къ которымъ приводятъ такія формулы, могутъ въ отдѣльныхъ случаяхъ очень значительно уклоняться отъ дѣйствительности. Въ силу этого тогда, когда приходится судить о правильности величины траты въ тѣхъ или иныхъ условіяхъ броженія, необходимо поставить спеціальные опыты, опредѣляющіе эти траты и ихъ колебанія для данныхъ условій сбраживанія.

Это и было между прочимъ одной изъ главныхъ задачъ опытовъ, разобранныхъ въ этой главѣ.

ГЛАВА III.

Условія непрерывнаго сбраживанія и неизбѣжная связь его съ непрерывно-дѣйствующимъ бродильнымъ аппаратомъ.

Во всѣхъ производствахъ техники алкогольнаго броженія вся масса сбраживаемаго суслу обычно разбивается на отдѣльныя небольшія сравнительно съ общей сбраживаемой массой пробы, каждая изъ которыхъ подвергается броженію самостоятельно. Поэтому бродильные сосуды то заполняются бродящей жидкостью, то освобождаются отъ нея, и такимъ образомъ работа сбраживанія ведется періодически.

Въ каждой отдѣльной пробѣ процессъ броженія протекаетъ аналогично тому, что даетъ діаграмма чертежа № 1, т. е. онъ проходитъ приблизительно въ такихъ же условіяхъ, которыя отвѣчаютъ указанному случаю сбраживанія. Нѣкоторыя отрицательныя стороны послѣдняго способами броженія, принятыми практикой отдѣльныхъ производствъ, до извѣстной степени смягчаются, но общій характеръ теченія процесса броженія при этомъ нисколько не измѣняется. Основныя же черты его опредѣляются тѣмъ, что сбраживаніе каждой отдѣльной пробы суслу требуетъ прибавленія опредѣленнаго количества дрожжей, которыя размножаются, достигаютъ максимума своего развитія, послѣ чего начинаютъ отмирать.

Слѣдствіемъ этого является, во-первыхъ, неизбѣжная трата вещества на дрожжи; во-вторыхъ, большая неравномѣрность въ теченіи броженія, такъ какъ значительная часть длительности его связана при этихъ условіяхъ съ одной стороны съ развитіемъ и съ другой стороны—съ постепеннымъ угасаніемъ активной массы работающихъ дрожжей.

Практика отдѣльныхъ производствъ до извѣстной степени сокращаетъ періодъ развитія броженія, что достигается примѣненіемъ относительно большихъ количествъ маточныхъ дрожжей. Были также попытки сократить продолжительность послѣдняго періода, когда дѣятельность дрожжей оказывается сильно ослабленной. Примѣромъ этого можетъ служить броженіе при пониженномъ давленіи.

Но все это, какъ и многое другое, можетъ только смягчить, но не устранить основные недостатки вообще всѣхъ способовъ, связанныхъ съ періодичностью въ работѣ сбраживанія. При этихъ условіяхъ все перерабатываемое сусло сбраживается отдѣльными очень небольшими порціями сравнительно съ общей производительностью завода. Это имѣетъ большое неудобство въ смыслѣ необходимости производить многократное опоражниваніе, очистку бродильныхъ чановъ, ихъ подготовку къ слѣдующему броженію.

Попутно приходится вести отборъ дрожжей, очищеніе ихъ и задачу къ сбраживаемому суслу. Короче говоря, при этихъ условіяхъ требуется очень много ручного труда, связаннаго со сборкой и разборкой каждаго отдѣльнаго бродильнаго сосуда.

Указанная сторона имѣетъ большое неудобство, которое особенно сильно сказывается тамъ, гдѣ дорогъ ручной трудъ.

Въ силу этого въ Америкѣ, напр., для пивоваренія былъ предложенъ и нашелъ нѣкоторое примѣненіе способъ сбраживанія, въ значительной мѣрѣ устраняющій указанное неудобство. Это способъ, называемый „способомъ непрерывнаго броженія“ по системѣ Forward-a, выработанный Schalk-омъ ¹⁾, примѣненный на пивоваренномъ заводѣ Ruppert-a въ Нью-Йоркѣ. При этомъ способѣ ²⁾ броженіе ведется въ закрытыхъ металлическихъ лежащихъ цилиндрическихъ сосудахъ, длиною въ 87 футовъ емкостью въ 1700 гектолитровъ каждый. Такихъ сосудовъ для непрерывности работы требуется нѣсколько. Въ первый изъ нихъ при началѣ работы наливается охлажденное до температуры броженія стерильное сусло съ прибавкой къ нему двойного количества дрожжей сравнительно съ требующимся въ нормальныхъ условіяхъ.

Продуваніемъ стерильнаго воздуха, проводимаго по трубѣ, проложенной на днѣ бродильнаго сосуда, дрожжи равномерно распредѣляются въ жидкости. Продуваніе повторяется на второй и на третій день броженія. Черезъ 24 часа послѣ наполненія, во время появленія завитковъ, первый сосудъ соединяется трубопроводомъ со вторымъ, благодаря чему бродящее сусло распредѣляется между ними поровну. Затѣмъ каждый изъ нихъ доливается свѣжимъ стерильнымъ сусломъ. Послѣ этого первый бродильный сосудъ отдѣляется отъ второго и остается въ покоѣ для самостоятельнаго и окончательнаго выбраживанія. При этомъ открывается вентиль, находящійся на одной четверти высоты бро-

¹⁾ Jahrb. d. Versuch u. Lehranst. f. Brauerei in Berlin 1908 г. 584 стр.

²⁾ Illustr. Brauerei Lexikon. 1910 г. 538 стр.

дильнаго сосуда сверху. По этому вентилю во время броженія изъ перваго сосуда во второй вмѣстѣ съ образующейся пѣной переходитъ часть дрожжевыхъ клѣтокъ, выносимыхъ въ это время на поверхность бродящаго сусла.

Черезъ два дня второй сосудъ соединяется съ третьимъ, еще пустымъ, для отливанія въ послѣдній половины содержимаго второго сосуда, а затѣмъ производятся всѣ операціи, продѣланныя при первомъ сосудѣ. Все это заканчивается отдѣленіемъ второго бродильнаго сосуда для самостоятельнаго броженія. Въ дальнѣйшемъ такимъ же порядкомъ идетъ послѣдовательно: переливаніе изъ каждаго сосуда въ слѣдующій, отдѣленіе предыдущаго и самостоятельное его дображиваніе. Когда подходит время отливанія изъ послѣдняго сосуда, то первый оказывается уже опорожненнымъ, очищеннымъ и подготовленнымъ къ приему половины количества сусла, пробродившаго въ послѣднемъ сосудѣ.

Затѣмъ, при дальнѣйшей работѣ, всѣ операціи послѣдовательно производятся въ указанномъ уже порядкѣ.

Изъ приведеннаго описанія этого способа видно, что при указанномъ способѣ сбраживанія въ существѣ дѣла каждый бродильный сосудъ работаетъ самостоятельно и что въ каждомъ изъ нихъ процессъ броженія протекаетъ независимо отъ теченія броженія въ остальныхъ сосудахъ.

Каждые же два сосѣднихъ сосуда соединяются лишь только на короткій промежутокъ времени, необходимый для отливанія половины сусла въ послѣдующій сосудъ изъ предыдущаго, гдѣ оно пробродило передъ этимъ однѣ сутки. Въ послѣдній день броженія въ каждомъ бродильномъ сосудѣ надъ поверхностью сбраживаемаго сусла пропускается воздухъ, что способствуетъ осажденію дрожжей. Для удобствъ опоражниванія и очищенія бродильныхъ сосудовъ они располагаются съ наклономъ въ 8 дюймовъ на 87 футовъ ихъ длины.

Положительныя стороны этого способа сводятся къ чистотѣ броженія, быстротѣ сбраживанія благодаря большой задачѣ дрожжей и къ устраниенію операцій, связанныхъ съ отборомъ, промываніемъ и задачей дрожжей. Очень большіе размѣры бродильныхъ сосудовъ при этой системѣ, сравнительно съ обычной емкостью пивоваренныхъ бродильныхъ кадей, въ значительной степени сокращаютъ размѣры бродильнаго помѣщенія, а также ручной трудъ, связанный съ опоражниваніемъ, заполненіемъ и очисткой бродильныхъ кадей. Вмѣстѣ съ тѣмъ благодаря металлическимъ эмалированнымъ сосудамъ также отпадаетъ хлопотливая работа по осмоленію и парафинированію бродильной посуды.

Аналогичный способ сбраживания, названный также непрерывным, был предложен и для винокурения, но он нашел применение только на немногих винокуренных заводах, получающих спирт из свекловичной патоки и из свеклы.

Этот способ был испытан Lühder-ом¹⁾ применительно к картофельному винокурению в связи с очистительным брожением по методу, данному Henneberg-ом²⁾ для устранения возможной при этом инфекции.

Сущность этого способа и его преимущества перед обычным периодическим сбраживанием состоит в том, что при этом устраняются работы по приготовлению дрожжей для каждого сбраживаемого затора, а дрожжи непосредственно берутся в начале периода главного брожения вместе со сбраживаемым суслом. При опытах Lühder-а отбиралась $\frac{1}{2}$ емкости бродильного чана.

После отъема части бродящего затора как первый отобранный, так и второй вновь заполненный чан доливаются затором еще небродившим. Через сутки из второго бродильного чана переводится треть его содержимого в следующую, после чего оба чана, как и в предыдущем случае, дополняются свежим затором. В таком порядке работа идет и далее.

Главное преимущество этого способа сравнительно с обычным состоит в устранении особой операции приготовления дрожжей и в значительном сокращении продолжительности брожения, так как период забраживания при этих условиях почти отсутствует.

Устранение инфекции, неизбежной при открытых бродильных сосудах, достигается в случае появления таковой тем, что к отобранной трети бродящего сусла, предназначенного для следующего затора, прибавляют значительное количество какой-либо антисептики, напр., серной кислоты, которой в течение короткого промежутка времени предоставляют действовать при сравнительно значительных концентрациях. Этим достигается очищение бродящей среды от вредных микроорганизмов и слабых дрожжей, которые при этом погибают. В результате остаются только наиболее сильные генерации дрожжей, работой которых в дальнейшем и вызывается брожение. Когда желаемая степень очищения достигнута, производится доливание чана сладким затором, благодаря чему концентрация антисеп-

¹⁾ Techn. Versamml. d. Vereins d. Spiritus Fabrikanten in Deutschland (2 Tag.) 26 Febr. 1910; Blg. zu Z. f. Sp.-Jnd. 1910, № 10.

²⁾ „Gärungsbakt. Praktikum“ Henneberg 240 и 244 стр.

тики понижается, достигая нормальной величины. Lühder при своих опытах очистительное брожение проводилъ такъ, что при появлении инфекціи прибавлялъ сѣрной кислоты къ отобранной трети бродящаго сосуда до 2,85° кислотности и предоставлялъ дѣйствовать кислотѣ при такой концентраціи въ теченіе двухъ часовъ. Послѣ этого производилось доливаніе чана сладкимъ затормомъ.

Результаты при этомъ, по свидѣтельству Lühder-a, были получены хорошіе. Къ тому же заключенію привели испытанія этого способа въ условіяхъ заводской практики ¹⁾, гдѣ очистительное брожение позволяло мѣсяцами вести работу указаннымъ порядкомъ. Однако возможны случаи, когда инфекция достигаетъ такихъ размѣровъ, при которыхъ борьба съ ней создаетъ значительныя затрудненія, и это приводитъ уже къ очень большому неудобствамъ. Последнее обстоятельство заставляетъ практику относиться къ указанному способу броженія съ большою осторожностью и объясняетъ, почему онъ не нашелъ себѣ широкаго распространенія.

Оба приведенныхъ способа сбраживанія, предложенные для пивоваренія и для винокуреннаго производства, названные „способами непрерывнаго броженія“, являются по существу совершенно тождественными. Для того и другого характерно то, что каждая отдѣльная сбраживаемая проба включаетъ въ себя значительную часть дрожжей, непосредственно взятыхъ отъ предыдущей пробы вмѣстѣ съ бродящимъ суусомъ въ началѣ періода главнаго броженія. Такимъ образомъ, между всѣми отдѣльно сбраживаемыми пробами устанавливается извѣстная преемственная связь. Последняя въ нѣсколько иной формѣ имѣетъ мѣсто также и при обычныхъ условіяхъ сбраживанія какъ въ пивовареніи, такъ и въ винокуреніи.

Но въ разсмотрѣнныхъ, такъ называемыхъ, способахъ „непрерывнаго сбраживанія“ выбрана наиболѣе простая и удобная форма связи, устраняющая всѣ промежуточныя операціи, связанныя со сравнительно продолжительнымъ періодомъ размноженія задаваемыхъ дрожжей въ каждой новой сбраживаемой пробѣ, что вызываетъ временное замедленіе въ теченіи процесса броженія при каждой отдѣльной сбраживаемой пробѣ.

Этого нѣтъ при описанныхъ способахъ непрерывнаго сбраживанія, когда броженіе каждой новой пробы начинается непосред-

¹⁾ Jahrb. d. Ver. d. Spir. Ind. 1911 г. 266—267 стр.

ственно съ энергичной работы большого количества заданныхъ дрожжей, находящихся въ стадіи главнаго броженія.

Однако различіе между обычными способами сбраживанія и предложенными „непрерывными“ совершенно исчезаетъ въ тѣ періоды, которые слѣдуютъ за главнымъ броженіемъ. Какъ въ томъ, такъ и въ другомъ случаѣ работа дрожжей, быстро опустившись послѣ главнаго броженія до известной высоты, начинается затѣмъ очень медленно спадать и, наконецъ, послѣ относительно продолжительнаго промежутка времени совершенно прекращается. Для того, чтобы яснѣе установить различіе въ теченіи процесса броженія при обычныхъ періодическихъ способахъ сбраживанія и при указанныхъ „непрерывныхъ“, представимъ себѣ слѣдующее.

Все сусло, подлежащее броженію, разбивается на отдѣльныя одинаковыя пробы. Одна половина ихъ сбраживается обычнымъ порядкомъ, другая по указанному способу „непрерывнаго“ сбраживанія. Примемъ при этомъ, что все сбраживаніе въ томъ и другомъ случаѣ ведется только въ одномъ ряду слѣдующихъ другъ за другомъ пробъ и имѣющихъ между собой преемственную связь въ смыслѣ передачи части дрожжей, прививаемыхъ отъ каждой предыдущей въ слѣдующую за ней пробу. Моментъ отбора и перевивки дрожжей опредѣляется самымъ способомъ броженія. При періодическомъ способѣ сбраживанія это совершается тогда, когда въ предыдущей пробѣ броженіе совершенно закончено, при „непрерывномъ“ — въ началѣ періода главнаго броженія.

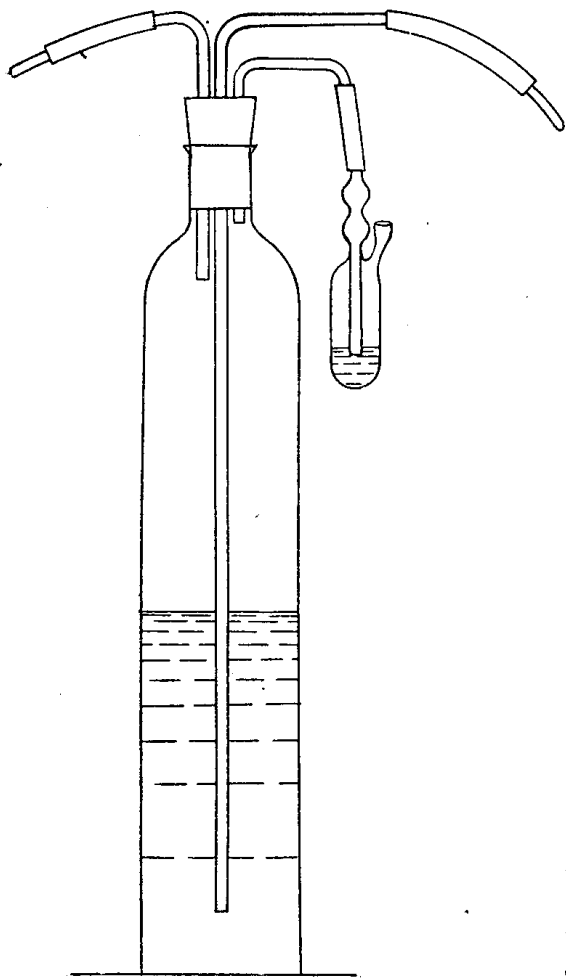
Относительно количества прививаемыхъ дрожжей возьмемъ крайніе предѣлы. При періодическомъ сбраживаніи примемъ почти невѣсомыя количества прививаемыхъ дрожжей, напр., отвѣчающія прививкѣ, сдѣланной ушкомъ платиновой проволоки или же каплей культуры дрожжей на всю пробу. При такихъ условіяхъ вся масса дрожжей, образующихся къ концу броженія отдѣльной пробы, возникаетъ въ ней же самой въ первый періодъ броженія, какъ результатъ размноженія привитыхъ дрожжей.

При „непрерывномъ“ способѣ сбраживанія прививка дрожжей берется максимальная, въ формѣ половины количества бродящаго сусла предыдущей пробы, отобранной въ началѣ главнаго броженія. Такимъ образомъ, масса привитыхъ дрожжей въ послѣднемъ случаѣ составляетъ очень значительную величину.

Для того, чтобы прослѣдить броженіе при соблюденіи всѣхъ вышеуказанныхъ условій, были поставлены соответствующіе опыты со сбраживаніемъ при температурѣ $20,0^{\circ}$ С. пивнаго стерильнаго сусла съ концентраціей $17,0^{\circ}$ Ball. Броженіе при этомъ ве-

лось пробками по 400 куб. сент. въ высокихъ цилиндрическихъ сосудахъ діаметромъ 65 м.м., высотой 350 м.м., закрывающихся резиновыми пробками, снабженными бродильными насадками съ крѣпкой сѣрной кислотой. Въ тѣхъ сосудахъ, въ которыхъ брожение велось по „непрерывному“ способу, въ пробкахъ, кромѣ бродильныхъ насадокъ, имѣлось еще по двѣ колѣнчатыхъ стеклянныхъ трубочки. Одна изъ нихъ короткая, другая—длинная, не

Чертежъ № 4.



доходящая до дна сосуда только на 2—3 сент. На наружныхъ концахъ обѣихъ трубочекъ имѣются каучуки, закрытые стеклянными палочками. На чертежѣ № 4 представленъ такой бродильный сосудъ въ собранномъ видѣ.

При способѣ „непрерывнаго“ сбраживания только въ первый сосудъ дрожжи прививаются въ количествѣ одной капли культуры, предварительно приготовленной во Фрейденрейховской колбочкѣ.

Все же послѣдующіе сосуды этого ряда получаютъ прививки въ формѣ половины бродящаго сусла, взятаго отъ предыдущей сбраживаемой пробы въ началѣ періода главнаго броженія.

Для того, чтобы произвести отборъ бродящаго сусла, соединяютъ каучукомъ наружныя колѣна длинныхъ трубочекъ сосуда, отъ котораго отбираютъ бродящее су-

сло, и сосуда, въ который желаютъ это сусло перевести. Послѣдній сосудъ содержитъ не 400 куб. сент., а только 200 куб. сент. стерильнаго сусла. Когда со всеми предосторожностями, необходимыми для устранения возможной инфекціи сусла, сосуды соединяютъ между собой, въ короткую трубочку перваго изъ нихъ черезъ ватный

стерильный фильтр вдуваютъ воздухъ. Благодаря этому изъ перваго во второй сосудъ вытѣсняется половина бродящаго сусла. Послѣ этого въ первый сосудъ вводится 200 куб. сент. свѣжаго стерильнаго сладкаго сусла. Это производится такимъ же образомъ, какъ было сдѣлано при отборѣ бродящаго сусла. Точное опредѣленіе количествъ отобранной или долитой жидкости въ каждый отдѣльный сосудъ устанавливается повторнымъ взвѣшиваніемъ до отливанія или наливанія и послѣ него.

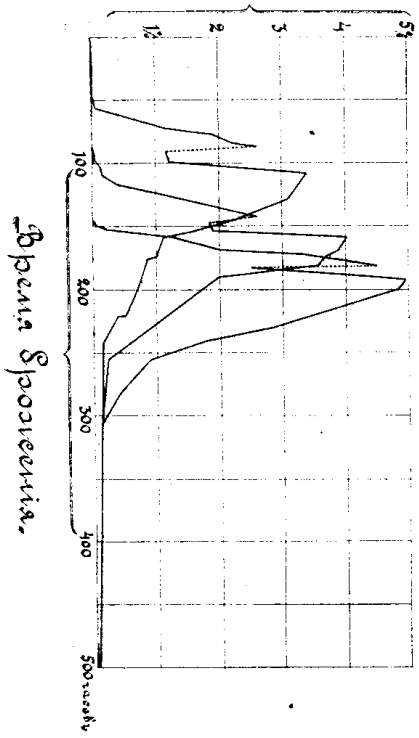
Черезъ двое сутокъ отъ момента отбора бродящаго сусла изъ перваго сосуда въ томъ же порядкѣ производится отборъ изъ второго въ третій сосудъ, затѣмъ еще черезъ два дня изъ третьяго въ четвертый и т. д. Во всѣхъ бродильныхъ сосудахъ теченіе броженія наблюдается по даннымъ взвѣшиванія, производимаго съ точностью до 0.01 грамма. При этомъ по потерѣ вѣса, вызываемой удаленіемъ образующейся углекислоты, опредѣляется количество сброженнаго сахара. Относя послѣднее къ часу времени и выражая въ вѣсовыхъ процентахъ сбраживаемаго экстракта, содержащагося въ 400 куб. сент. сладкаго сусла, приходящихся на каждый отдѣльный бродильный сосудъ, получимъ нѣкоторыя величины, выражающія собой силу броженія въ различныя стадіи его.

Результаты этихъ опытовъ представлены графически на чертежахъ № 5 и № 6.

Изображая графически теченіе броженія, идущаго послѣдовательно въ сбраживаемыхъ пробахъ каждаго ряда ихъ, получимъ для періодическаго сбраживанія кривую чертежа № 5, а для способа Fogward-Schalk-a кривую чертежа № 6.

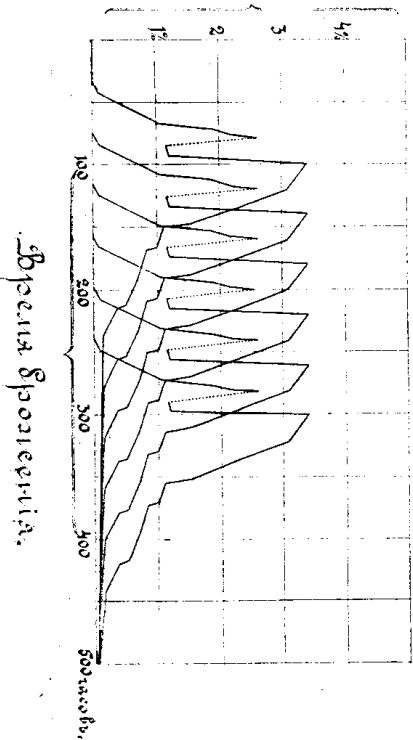
Разсматривая діаграммы чертежа № 6, можно видѣть, что въ каждомъ послѣдующемъ сосудѣ интенсивность броженія въ главный періодъ сбраживанія возрастаетъ и при томъ очень значительно. Это обстоятельство представляется главнымъ образомъ слѣдствіемъ того, что въ условіяхъ разсматриваемаго опыта охлажденіе бродящей жидкости было только воздушное, черезъ стѣнки бродильнаго сосуда, что оказывалось очень недостаточнымъ для поддержанія желательной постоянной температуры броженія въ самой бродящей жидкости. При этомъ въ каждомъ послѣдующемъ сосудѣ при указанныхъ условіяхъ опыта масса прививаемыхъ и работающих дрожжей постепенно возрастала, поэтому и періодъ главнаго броженія соотвѣтственно этому проходилъ съ постепенно увеличивающимся количествомъ тепла развиваемаго дрожжами. Благодаря этому температура броженія этого періода въ каждомъ послѣдующемъ сосудѣ была большей, нежели въ предыдущемъ. Это и

Среднее часовое образование сахара в виве. % от исходного количества сахара.



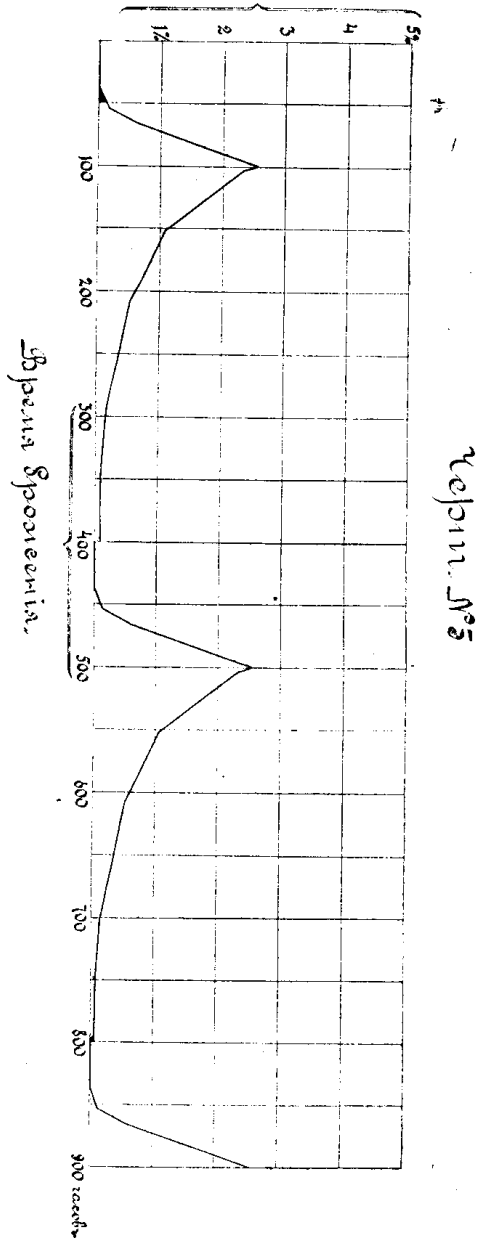
Черт. №6

Среднее часовое образование сахара в виве. % от исходного количества сахара.



Черт. №7.

Среднее часовое образование сахара в виве. % от исходного количества сахара.



Черт. №5

составляло причину соответствующаго увеличенія интенсивности броженія при каждой послѣдующей перевивкѣ, что ясно отмѣчено діаграммами чертежа № 6. Явленіе это представляется приходящимъ и, конечно, нежелательнымъ по многимъ вполне понятнымъ причинамъ. Устранить его очень легко строгимъ регулированіемъ температуры броженія, которую должно поддерживать и постепенно измѣнять совершенно одинаково во всѣхъ бродильныхъ сосудахъ даннаго ряда. При этомъ условіи процессъ броженія долженъ протекать согласно тому, что даютъ діаграммы чертежа № 7.

Сравненіе діаграммъ черт. № 5 и № 6, а также № 5 и № 7 даетъ представленіе какъ о различіи, такъ и о сходствѣ въ теченіи процесса броженія при способахъ періодическомъ и Forward-Schalk-a.

Въ первомъ изъ нихъ интенсивность воспроизводимаго процесса броженія въ ряду послѣдовательно сбраживаемыхъ пробъ то возрастаетъ до максимума, то опускается до полного прекращенія броженія. Если принять во вниманіе относительную продолжительность періодовъ максимальной и минимальной работы дрожжей при броженіи каждой отдѣльной пробы, то окажется, что продуктивность этого и всѣхъ аналогичныхъ ему способовъ періодическаго сбраживанія въ смыслѣ использованія времени и бродильнаго сосуда будетъ очень небольшой.

Діаграмма чертежа № 5 наглядно указываетъ на причины этого. Такихъ причинъ двѣ. Одна изъ нихъ заключается въ слишкомъ большой продолжительности промежутка времени, отдѣляющаго періодъ главнаго броженія одной пробы отъ соответствующаго періода пробы, слѣдующей за ней. Другая причина лежитъ въ періодичности дѣйствія бродильныхъ аппаратовъ, время работы которыхъ при этихъ условіяхъ тратится главнымъ образомъ на развитіе и постепенное угасаніе воспроизводимаго въ нихъ процесса броженія. Желая использовать болѣе цѣлесообразно рабочее время, Forward и Schalk-омъ былъ выработанъ описанный способъ, при которомъ первая изъ причинъ малой производительности періодическаго сбраживанія въ значительной мѣрѣ устраняется. Это достигается тѣмъ, что періодъ главнаго броженія каждой послѣдующей сбраживаемой пробы наступаетъ почти непосредственно за періодомъ главнаго броженія пробы предыдущей. Последнее оказывается возможнымъ благодаря тому, что при разсматриваемомъ способѣ сбраживанія въ работѣ одновременно находится не одна только, какъ при періодическомъ сбраживаніи, а нѣсколько непосредственно слѣдующихъ другъ за

другомъ сбраживаемыхъ пробъ сусла. Въ одной изъ нихъ броженіе только начинается, тогда какъ въ другихъ уже заканчивается, а между этими крайними пробами всегда имѣются промежуточные, въ которыхъ процессъ находится въ стадіи главнаго броженія. Благодаря этому въ данномъ ряду послѣдовательно сбраживаемыхъ пробъ процессъ броженія въ нѣсколькихъ изъ нихъ всегда въ каждый отдѣльный моментъ имѣетъ мѣсто въ стадіи главнаго броженія. Это обстоятельство и дало основаніе назвать способъ сбраживанія Forward-Schalk'a способомъ „непрерывнаго броженія“.

Но эта непрерывность относится только къ явленію воспроизведенія періода главнаго броженія во всемъ ряду сбраживаемыхъ пробъ, разсматриваемыхъ какъ нѣчто цѣлое; для чего, впрочемъ, въ дѣйствительности нѣтъ никакихъ основаній. Тогда какъ каждая отдѣльная проба этого ряда сбраживается обычнымъ порядкомъ, при которомъ каждый бродильный сосудъ все же работаетъ періодически со всеми присущими этому способу сбраживанія особенностями и недостатками. Въ силу этого вторая причина малой степени использованія рабочаго времени и работающаго аппарата, присущая всемъ способамъ періодическаго сбраживанія, Forward-Schalk-омъ не устраняется, а только отчасти смягчается. Послѣдняго достигаютъ въ данномъ случаѣ только сокращеніемъ длительности періода развитія процесса броженія, что является слѣдствіемъ большихъ прививокъ дрожжей, имѣющихъ здѣсь мѣсто.

Что же касается отрицательныхъ сторонъ послѣдняго періода сбраживанія, связаннаго съ постепеннымъ и медленнымъ угасаніемъ процесса броженія, что имѣетъ мѣсто при каждой отдѣльной сбраживаемой пробѣ, то въ этомъ отношеніи способъ Forward-Schalk'a и аналогичные ему ничѣмъ не отличаются отъ соответствующихъ условій обычнаго періодическаго сбраживанія. И въ томъ и въ другомъ случаѣ конечный періодъ одинаково длителенъ и связанъ съ непроизводительной тратой рабочаго времени и съ непроизводительнымъ пользованіемъ бродильнымъ аппаратомъ.

Такимъ образомъ, въ способъ Forward-Schalk'a, при непрерывности относительно воспроизведенія процесса броженія въ формѣ высшаго его проявленія въ различныхъ пробахъ сбраживаемаго ряда ихъ, все же полностью остается періодичность дѣйствія каждаго бродильнаго аппарата, каковымъ здѣсь является каждый отдѣльно взятый бродильный сосудъ.

Между тѣмъ это обстоятельство является одной изъ важнейшихъ причинъ, не позволяющихъ достигнуть максимума какъ въ смыслѣ использованія времени, такъ и въ отноше-

нии использования бродильного аппарата. Последнее возможно только тогда, когда: во-первых, обеспечена непрерывность в действии каждого бродильного аппарата и, во-вторых, тогда, когда имеется возможность постоянно поддерживать это действие аппарата на степени высшей его производительности. Этим условиям не удовлетворяют ни способы периодического, ни так называемые способы „непрерывного брожения“ такого характера, как Forward-Schalk-a и аналогичные ему, из которых каждый оперирует с большим или меньшим числом отдельных самостоятельно, но все же периодически действующих бродильных аппаратов. В связи с этим стоит еще одна отрицательная сторона всех таких способов, заключающаяся в невозможности в отдельные периоды брожения использовать все производительные силы имеющейся массы работающих дрожжей. Это обуславливается быстротой в смену условий брожения за отдельные периоды, за которой не успевает следовать приспособляемость дрожжей. В результате чего появляются слабые отмирающие генерации, которые в свою очередь оказывают отрицательное влияние на течение брожения. Присутствие их в бродящей жидкости заставляет считаться с ними, а это в значительной мере стесняет в смысле возможности создать оптимальные условия для работы действующей фракции дрожжей каждого периода. Последнее обстоятельство в некоторой мере устраняется теми способами брожения, в которых весь процесс разбивается на отдельные периоды, проводимые самостоятельно, при чем каждому из них предшествует удаление массы нежелательных фракций дрожжей.

Но если отделяемые дрожжи оказываются непригодными и неподходящими для условий брожения последующего периода, то в обстановке, отвечающей данному периоду, они представляют собой ценных работников. А потому, поддерживая условия, отвечающие требованиям данной фракции дрожжей, мы сохраним их работоспособность, устраним отмирание и вместе с тем избежим вредного влияния продуктов жизнедеятельности погибающих и продуктов разложения лишившихся жизни дрожжей на деятельные работающие фракции их.

При сбраживании определенного количества сахара, или иного субстрата процесс брожения в данной пробке идет непрерывно до тех пор, пока не исчезнет весь сбраживаемый сахар. Параллельно совершается изменение сбраживаемой среды, состав и свойства которой в каждый отдельный момент создают для работы дрожжей новую постепенно меняющуюся обстановку. По-

этому сохранять опредѣленные условія относительно состава и свойств среды, въ которой идетъ броженіе, протекающее согласно діаграммѣ чертежа № 1, было бы равносильно совершенному прекращенію этого процесса, что во всякомъ случаѣ не представляеть собой желательнаго рѣшенія даннаго вопроса.

Таковымъ могло бы быть положеніе, при которомъ къ каждой отдѣльной фракціи дрожжей, требующей соответствующей обстановки и среды, то и другое непрерывно подводится въ формѣ обрабатываемаго субстрата съ соответствующей степенью обрабатыванія и при температурѣ, требуемой данной генерацией дрожжей; продукты же броженія непрерывно отводятся.

Это создаетъ возможность многократнаго использованія въ цѣляхъ броженія всей массы получающихся дрожжей, что можетъ сократить расходъ обрабатываемаго вещества на образованіе дрожжей въ каждой новой пробѣ обрабатываемаго субстрата и, кромѣ того, уменьшить продолжительность обрабатыванія, такъ какъ при этомъ совершенно устраняется первый мало продуктивный періодъ размноженія дрожжей.

Осуществленіе указанныхъ условій можетъ привести къ новому способу обрабатыванія, позволяющему не только вести непрерывно работу обрабатыванія, но и воспроизводящему самый процессъ броженія въ непрерывно дѣйствующемъ бродильномъ аппаратѣ. При этомъ возможны два случая. Въ первомъ изъ нихъ образующіяся дрожжи цѣликомъ задерживаются въ опредѣленномъ пространствѣ бродильнаго аппарата, черезъ которое съ известной скоростью протекаетъ обрабатываемое сусло. Величина скорости опредѣляется продолжительностью соприкосновенія дрожжей съ сусломъ, необходимой для того, чтобы было возможно при данныхъ условіяхъ достигнуть за это время соответствующей степени обрабатыванія. Такая постановка вопроса захватываетъ только одну сторону его, именно многократное использованіе образующейся массы дрожжей. Другая же важная сторона дѣла при этомъ совершенно не затрагивается, — именно, раздѣленіе массы работающихъ дрожжей на отдѣльныя фракціи и помѣщеніе каждой изъ нихъ въ соответствующія условія относительно температуры и состава среды, въ которой она остается. Такимъ образомъ, характернымъ для такого способа обрабатыванія является полная прикрьпленность всей массы дрожжей къ опредѣленному пространству, черезъ которое непрерывно течетъ обрабатываемый субстратъ. Способъ этотъ имѣетъ мѣсто при производствѣ укеуса, отрицательныя же стороны его въ примѣненіи къ алкогольному броженію вполне опредѣленно вытекають изъ ранѣе сказаннаго.

Второй возможный случай непрерывного сбраживания при непрерывно действующем броидильномъ аппаратѣ позволяетъ осуществить только относительную неподвижность дрожжей, которыя при этомъ такъ же, какъ и сусло, но только съ меньшей скоростью, движутся черезъ определенное пространство, представляющее собой броидильный аппаратъ. Практически такое положеніе можно было бы осуществить, заставивъ броидящее сусло протекать черезъ рядъ сосудовъ, сообщающихся между собою узкими трубками. По заполненіи вся система непрерывно начинать питаться сбраживаемымъ сусломъ, поступающимъ съ известной скоростью въ начальный сосудъ и выходящимъ изъ системы черезъ конечный.

При этомъ дрожжи, находящаяся въ сбраживаемой жидкости, перемѣщаются не только подѣ влияніемъ протекающей черезъ сосуда жидкости въ направленіи движенія последней, но также и самостоятельно снизу вверхъ и обратно въ силу вызываемаго ими броженія. Благодаря этому дрожжи въ известной мѣрѣ уклоняются отъ движенія жидкости и потому скопляются въ броидильныхъ сосудахъ, отчасти задерживаясь въ нихъ. Кроме того, некоторая часть дрожжей осаждаются на дно броидильныхъ сосудовъ, причемъ, конечно, прекращается движеніе ихъ какъ въ вертикальномъ, такъ и въ направленіи тока броидящей жидкости.

Это осажденіе является результатомъ идущаго впередъ процесса броженія, связаннаго съ измѣненіемъ физиологическаго состоянія дрожжей и физическихъ свойствъ сбраживаемой жидкости; то и другое—ближайшія причины осажденія дрожжей, которое совершается не сразу, а постепенно; при чемъ въ каждой отдѣльной стадіи, отвѣчающей своей степени сбраживания, выделяется соответствующая фракція дрожжей. Благодаря этому въ цѣпи послѣдовательно соединенныхъ другъ съ другомъ сосудовъ аппарата въ каждый слѣдующій изъ предыдущаго попадаетъ не вся масса ихъ, а только определенная фракція, наиболее приспособленная къ условіямъ сбраживаемой среды данного сосуда. При непрерывности сбраживания эта среда въ каждомъ отдѣльномъ сосудѣ аппарата постоянно поддерживается токомъ сусла и, такимъ образомъ, дрожжи каждой фракціи продолжительное время остаются при одинаковыхъ условіяхъ; къ послѣднимъ благодаря этому онѣ могутъ въ достаточной мѣрѣ приспособиться и развить максимумъ своихъ производительныхъ силъ при данной обстановкѣ. Это—одно изъ важныхъ преимуществъ сбраживания на непрерывно действующемъ аппаратѣ второго указаннаго нами типа, чего нѣтъ при броидильныхъ аппаратахъ, работающих періодически. Все это приводитъ къ тому заключе-

нію, что при разсматриваемыхъ условіяхъ непрерывнаго сбразиванія на непрерывно дѣйствующемъ аппаратѣ можетъ происходить фракціонировка дрожжей, располагающихся при этомъ по отдѣльнымъ сосудамъ аппарата сообразно своимъ свойствамъ, при чемъ къ каждой изъ этихъ фракціи непрерывно подводится среда, отвѣчающая ей требованіямъ.

Первый возможный и разсмотрѣнный случай непрерывнаго сбразиванія, при которомъ всѣ дрожжи цѣликомъ задерживаются въ опредѣленномъ пространствѣ бродильнаго аппарата, обладаетъ нѣкоторыми отрицательными сторонами, присущими періодическому сбразиванію. Онѣ являются слѣдствіемъ совмѣстнаго пребыванія всей массы дѣйствующихъ дрожжей въ сбразиваемомъ субстратѣ. Это обстоятельство заставляетъ отказаться отъ такой формы сбразиванія и потому въ дальнѣйшемъ, при изученіи условій непрерывнаго сбразиванія, была избрана та форма его, которая отвѣчаетъ второму разобранному случаю, стремящемуся только къ относительной неподвижности дрожжей сравнительно съ движеніемъ сбразиваемой жидкости.

ГЛАВА IV.

Непрерывно дѣйствующіе бродильные аппараты системы С. В. Лебедева.

При изученіи явленія алкогольнаго броженія въ условіяхъ непрерывнаго сбраживанія, отвѣчающаго выше указаннымъ требованіямъ, приходится прежде всего столкнуться съ вопросомъ о соотвѣтствующемъ бродильномъ аппаратѣ. Схема такового была уже ранѣе намѣчена; она логически вытекаетъ изъ поставленныхъ условій сбраживанія и приводитъ къ такому бродильному аппарату, который представляетъ собою рядъ сообщающихся сосудовъ. Но, помимо требованій, опредѣляющихъ приборъ въ общихъ чертахъ, устанавливаемыхъ характерными особенностями избраннаго способа сбраживанія, при конструированіи приходится считаться еще со многими деталями и приводящими обстоятельствами, имѣющими важное практическое значеніе. Несоблюденіе послѣднихъ можетъ привести къ тому, что на ряду съ изучаемымъ явленіемъ могутъ возникнуть случайныя, которыя при извѣстныхъ условіяхъ будутъ мѣшать наблюденіямъ, заслоняя собою изучаемое явленіе. Такимъ обстоятельствомъ, съ которымъ въ данномъ случаѣ прежде всего приходится считаться, оказывается возможность инфекціи. Для устраненія послѣдней отдѣльные сосуды бродильнаго аппарата должны быть закрытыми и снабженными соотвѣтствующими отводами для образующейся углекислоты.

Притокъ сусла къ аппарату долженъ быть поставленъ въ условія, позволяющія удобную и точную регулировку его при совершенномъ устраненіи возможности инфекціи приводимаго къ аппарату стерильнаго сбраживаемаго субстрата.

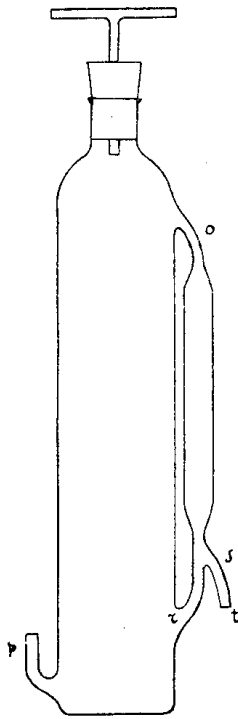
Для каждаго отдѣльнаго сосуда бродильнаго аппарата желательна форма, обеспечивающая такой слой жидкости, который позволялъ бы отводить сбраживаемое сусло съ уровня, достаточно удаленнаго какъ отъ поверхности бродящей жидкости, такъ и отъ дна бродильнаго сосуда. Это имѣетъ значеніе въ смыслѣ возможности устраненія изъ отводимой жидкости нежелательныхъ фракцій дрожжей такихъ, напр., какъ плавающія на поверхности или осѣвшія дрожжи.

Указанное требованіе наилучшимъ образомъ осуществляется при цилиндрической формѣ съ діаметромъ меньшимъ высоты,

отвѣчающей рабочей емкости сосуда. Въ виду этого при конструированіи аппарата отдѣльными сосудамъ его была придана форма высокихъ цилиндровъ.

При выборѣ размѣровъ сосудовъ бродильнаго аппарата приходилось стремиться къ уменьшенію ихъ рабочаго объема, что вызывалось необходимостью быть экономнымъ въ расходованіи сбраживаемаго сусла. Но переходить извѣстныя границы въ этомъ направленіи также было нельзя, такъ какъ содержимое каждаго

Черт. № 8.



отдѣльнаго бродильнаго сосуда все же должно быть вполне достаточно для возможности осуществленія всѣхъ необходимыхъ испытаній какъ бродящей жидкости изъ каждаго сосуда аппарата, такъ и находящихся въ немъ дрожжей. Кроме того, приходилось считаться съ необходимостью имѣть возможность вводить въ аппаратъ сравнительно небольшія количества жидкости совершенно равномерно въ теченіе очень большого промежутка времени. Рабочей емкостью, удовлетворяющей указаннымъ требованіямъ, является объемъ въ 350—400 куб. сент. Въ виду возможности въ нѣкоторыхъ случаяхъ сильнаго вспѣниванія, общая емкость каждаго бродильнаго сосуда увеличивается приблизительно вдвое сравнительно съ избранной рабочей его емкостью.

Для возможности наблюденія теченія процесса броженія въ отдѣльныхъ сосудахъ и въ различные періоды работы бродильнаго аппарата сосуды послѣдняго первоначально дѣлались стеклянными. Представляя большія удобства относительно возможности наблюденій внѣшнихъ измѣняющихся признаковъ, характеризующихъ процессъ броженія въ отдѣльныя стадіи его, стеклянные сосуды однако сильно затрудняютъ работу стерилизаціи, сборку и подготовку аппарата къ броженію. Въ виду этого впослѣдствіи, когда явленіе было уже достаточно охвачено, стеклянные бродильные сосуды аппарата были замѣнены соответствующими мѣдными, лужеными внутри.

Форма и размѣры каждаго отдѣльнаго бродильнаго сосуда аппарата представлены на черт. № 8.

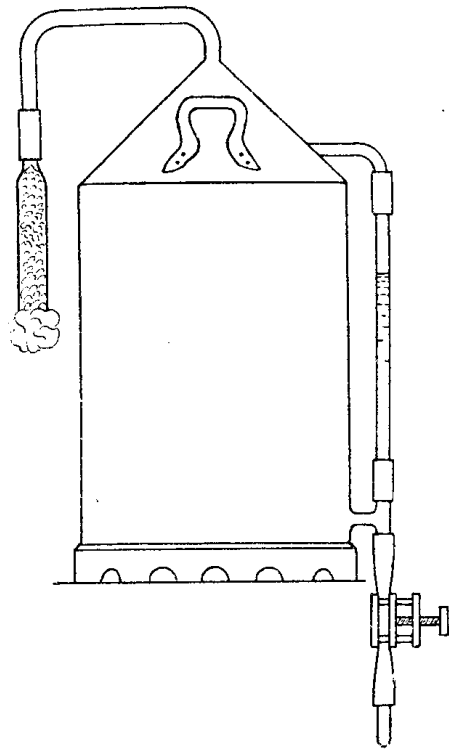
Диаметръ сосуда 65 мм., высота 340 мм. Трубочка *p* предназначена для притока сбраживаемой жидкости; для отвода же

последней послѣ прохождения черезъ сосудъ служить трубка *orst*. Въ каждомъ сосудѣ, взятомъ самостоятельно, величина наполненія опредѣляется высотой уровня верхней части перепускного колѣна *st* отводной трубки. Въ томъ же случаѣ, когда бродильные сосуды послѣдовательно соединены другъ съ другомъ, моментъ окончательнаго наполненія каждаго изъ нихъ опредѣляется уровнемъ поверхности жидкости въ послѣднемъ сосудѣ.

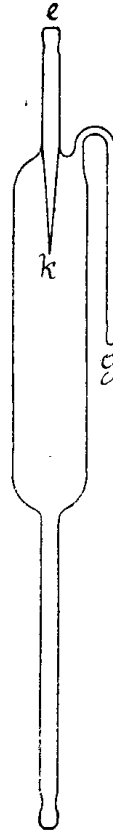
Во время броженія сусла въ аппаратѣ образуется пѣна и притомъ не только внутри сосудовъ, но и въ переходныхъ колѣнахъ отводныхъ трубокъ на поверхности перетекающей жидкости. Присутствіе пѣны здѣсь, какъ показалъ опытъ, сильно затрудняетъ работу аппарата и можетъ въ иныхъ случаяхъ даже совершенно нарушить правильность перехода жидкости изъ сосуда въ сосудъ, съ чѣмъ тѣсно связано нормальное теченіе работы всего бродильнаго аппарата. Поэтому было необходимо принять мѣры къ удаленію уровня перехода жидкости въ перепускныхъ трубкахъ отъ поверхности бродящей жидкости, на которой скопляется пѣна. Это разрѣшается тѣмъ, что уровень верхней части бокового колѣна отводной трубки послѣдняго бродильнаго сосуда аппарата располагается нѣсколько выше чѣмъ во всѣхъ предыдущихъ сосудахъ. Верхняя часть трубочки *orst* открывается въ газовое пространство бродильнаго сосуда, что служитъ для отвода образующейся въ перепускной трубочкѣ углекислоты, которая въ противномъ случаѣ со временемъ накоплялась бы здѣсь и своимъ присутствіемъ нарушала бы правильность работы бродильнаго аппарата. Внутренній діаметръ какъ приводныхъ, такъ и отводныхъ трубокъ—около 6 мм. Каждый бродильный сосудъ закрывается деревянной пробкой съ Т образной отеклянцой трубкой для удаленія образующейся углекислоты. Эти трубки въ соединенныхъ бродильныхъ сосудахъ соединяются другъ съ другомъ каучукомъ. Свободное колѣно Т образной трубки послѣдняго бродильнаго сосуда соединяется каучукомъ или съ бродильнымъ затворомъ, заключающимъ сѣрную кислоту, или же съ трехходовой стеклянной трубкой. Одинъ изъ концовъ послѣдней связывается съ газовымъ отводомъ приѣмника сброженнаго сусла, а другой со склянками Дрексля, содержащими небольшое количество воды, черезъ которую проходитъ образующаяся въ аппаратѣ углекислота. Питающимъ сосудомъ служитъ нѣсколько видоизмѣненная мѣдная луженая внутри карлсбергская колба, снабженная водомѣрнымъ стекломъ и представляющая собой мѣдный луженый сосудъ емкостью на 10—15 литровъ, форма котораго представлена на чертежѣ № 9.

На верхнюю отводную трубку питающего сосуда надѣвается каучукъ, закрывающійся при окончаніи стерилизаціи жидкости, предназначенной для броженія, ватнымъ біологическимъ фильтромъ. На нижнюю сливную трубку, расположенную на $1\frac{1}{2}$ ст.: выше дна питающего сосуда, надѣвается толстостѣнный каучукъ

Черт. № 9.



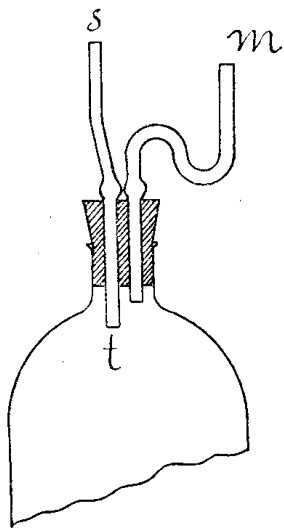
Черт. № 10.



съ внутреннимъ діаметромъ 3—4 mm. Эта отводная резиновая трубка во время стерилизаціи или сохраненія въ сосудѣ стерильнаго суслу закрывается стеклянной оплавленной палочкой и, кромѣ того, несетъ на себѣ сильный винтовой зажимъ. Когда же питающій сосудъ находится въ работѣ и связанъ съ непрерывно дѣйствующимъ бродильнымъ аппаратомъ, то отводная резиновая трубка ею соединяется съ приводной трубочкой передаточной контрольной воронки. Последняя помѣщается между спускнымъ отверстіемъ питающего сосуда и приводной трубочкой перваго бродильнаго сосуда аппарата. О формѣ и размѣрахъ передаточной контрольной воронки даетъ представленіе чертежъ № 10.

Приводная трубочка *e* имѣетъ наружный діаметръ 8 мм, выводное же узкое отверстіе оттянутаго конца ея *k* не болѣе 0,5 мм. Последнее обстоятельство позволяетъ вводить притекающее въ бродильный сосудъ сусло очень маленькими каплями. Толстостѣнный каучукъ отводной трубки питающаго сосуда, винтовой зажимъ на немъ, наконецъ, очень узкое отверстіе выводного конца приводной трубочки контрольной приѣмной воронки,—все это позволяетъ измѣнять притокъ сусла въ самыхъ широкихъ предѣлахъ, устанавливая его съ большой точностью по числу капель въ минуту на любую часовую скорость. Контроль силы тока сусла совершается просто и удобно по отчету капель за минуту, что при стеклянной передаточной воронкѣ можно производить въ любой моментъ безъ всякихъ затрудненій. Углекислота, образующаяся во время броженія въ передаточной контрольной воронкѣ, удаляется по трубочкѣ ея *g*, соединяющейся каучукомъ съ однимъ изъ концовъ Т образной отводной газовой трубки перваго бродильнаго сосуда аппарата. Значеніе приѣмной контрольной воронки сводится къ слѣдующимъ тремъ важнымъ пунктамъ: регулированію притока сусла, контролю величины его и устраненію возможности инфекціи подводимой къ прибору стерильной жидкости.

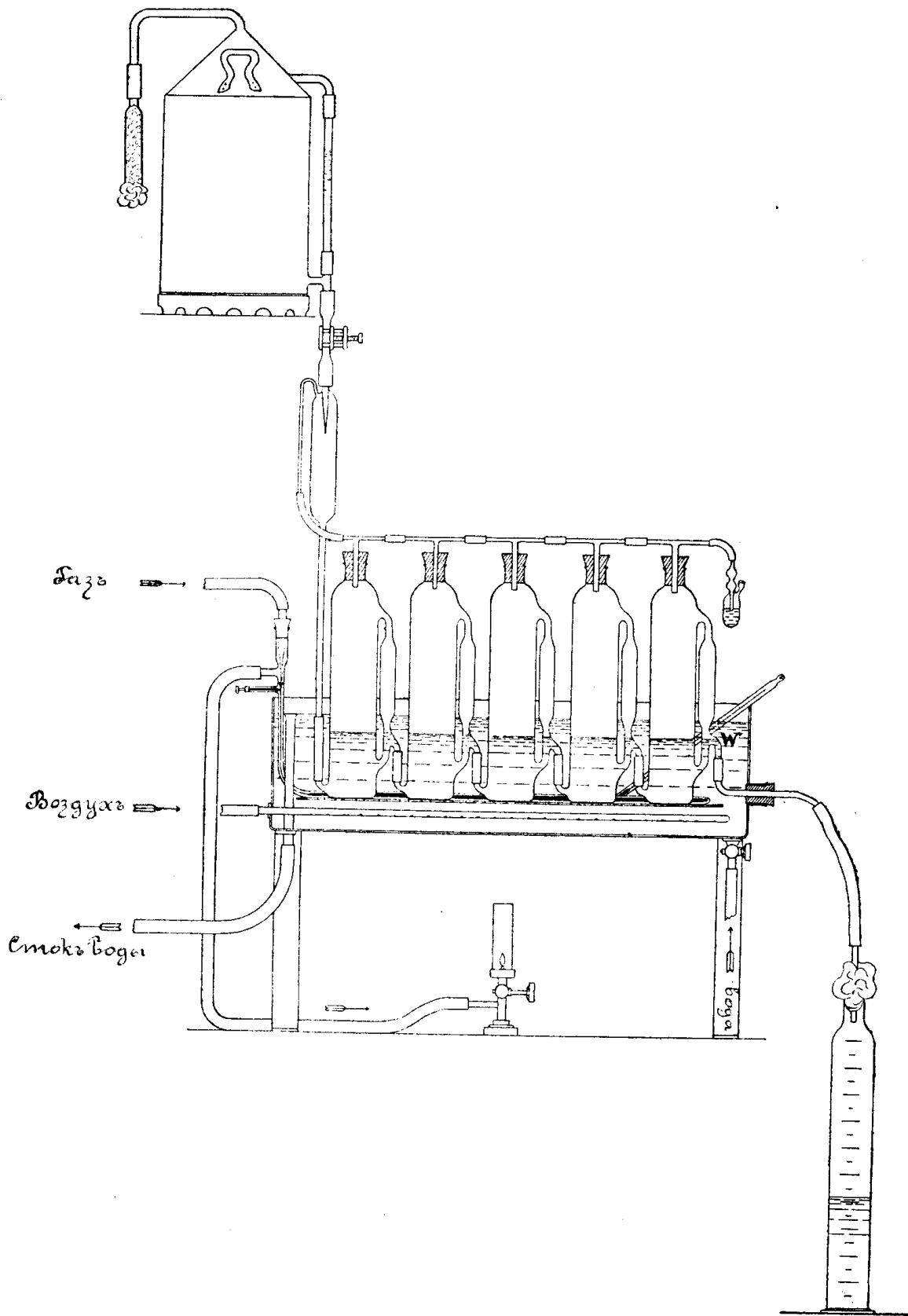
Черт. № 11.



Послѣ прохожденія черезъ бродильный аппаратъ изъ отводной трубки послѣдняго сосуда его сброженная жидкость направляется черезъ каучуковый рукавъ въ приѣмникъ. Последнимъ служитъ, въ зависимости отъ задачи опыта, или мѣрный цилиндръ, закрываемый ватной пробкой, или же обыкновенная стеклянная бутылка соответствующей емкости. Приѣмная бутылка закрывается пробкой, черезъ которую проходятъ двѣ стеклянныя трубочки, расположеніе которыхъ представлено на чертежѣ № 11.

Одна изъ нихъ *st*, опущенная ниже, служитъ для притока сброженнаго сусла и соединяется каучукомъ со сточной трубочкой послѣдняго бродильнаго сосуда аппарата. Трубочка *m* служитъ для удаленія изъ приѣмника развивающейся въ немъ углекислоты, которая отсюда направляется черезъ ранѣ упомянутый тройникъ къ склянкамъ Дрексля съ водою.

Общій видъ описаннаго бродильнаго аппарата, обозначаемаго типомъ А, въ собранномъ видѣ представленъ на чертежѣ № 12.



Непрерывно дѣйствующій бродинный аппаратъ системы С. В. Лебедева въ собранномъ видѣ.
(Типъ—А.)

Въ послѣднемъ бродильномъ сосудѣ аппарата верхняя часть боковой вѣтви отводной трубки, обозначенная буквой *w*, какъ было уже указано, располагается выше, чѣмъ въ остальныхъ бродильныхъ сосудахъ. Соединеніе отдѣльныхъ частей прибора между собой производится при помощи каучуковыхъ трубокъ. Для поддержанія во время опыта опредѣленной температуры броженія всѣ бродильные сосуды помѣщаются въ водяную ванну, представляющую собой длинный металлическій ящикъ, боковыя стѣнки котораго и большая часть дна, за исключеніемъ средней небольшой площади, покрыты изолирующей обшивкой. Ящикъ имѣетъ ложное дырчатое дно, расположенное на высотѣ 2 см. отъ дѣйствительнаго. Между тѣмъ и другимъ по длинѣ ванны проведена тонкая съ большимъ количествомъ отверстій трубочка, согнутая вдвое въ горизонтальной плоскости. Эта трубочка служитъ для притока воздуха, которымъ во время опыта непрерывно перемѣшивается вода въ ваннѣ. Температура поддерживается маленькимъ пламенемъ газовой горѣлки, соединенной съ терморегуляторомъ, помѣщеннымъ въ водѣ ванны. Колебанія температуры при этихъ условіяхъ во время опыта имѣли мѣсто въ предѣлахъ около 0,5—1.0 °С. и только при низкихъ температурахъ броженія, благодаря относительно рѣзкимъ колебаніямъ въ бродильномъ помѣщеніи, эти колебанія достигали въ общемъ за весь періодъ броженія двухъ градусовъ.

Отводная трубка послѣдняго бродильнаго сосуда аппарата проходитъ черезъ резиновую пробку, плотно входящую въ отверстие стѣнки ванны на соотвѣтствующей высотѣ. По верхнимъ краямъ продольныхъ стѣнокъ ванны попарно другъ противъ друга помѣщены проволочные крючки. Помощью каждой пары изъ нихъ, расположенныхъ другъ противъ друга, а также при посредствѣ шнура, закрѣпленнаго концами за крючки и охватывающаго шейку бродильнаго сосуда, каждый изъ послѣднихъ плотно притягивается къ ложному дну ванны.

Это нужно для того, чтобы при наполненіи ванны водою бродильные сосуды не всплывали, но, сохраняя свое правильное положеніе, въ то же время оставались бы подъ водою на известную часть своей высоты, заполненной бродящей жидкостью. Для наблюденія температуры и ея колебаній во время опытовъ въ ванну помѣщаются минимумъ и максимумъ термометры.

Подготовка частей аппарата къ сборкѣ его состояла въ слѣдующемъ. Питающій сосудъ наполняется на половину водою, нагревается и въ теченіе часа кипятится.

Затѣмъ каучуковый рукавъ, надѣтый на верхнюю отводную металлическую трубку сосуда, закрывается ватнымъ біологическимъ фильтромъ. Послѣ охлажденія вода изъ сосуда сливается черезъ нижнее спускное отверстіе, и онъ наполняется стерильнымъ сусломъ, освобожденнымъ отстаиваніемъ отъ нерастворимыхъ веществъ, выдѣлившихся во время предварительной стерилизаціи. По наполненіи питающаго сосуда сусломъ послѣднее дважды, съ промежуткомъ въ одинъ день, стерилизуется нагрѣваніемъ и часовымъ кипяченіемъ на песочной банѣ. Послѣ каждаго изъ кипяченій каучуковый рукавъ на отводной верхней трубкѣ сосуда закрывается свѣжымъ ватнымъ біологическимъ фильтромъ. Бродильные сосуды и пріемныя бутылки для сброженнаго сусла плотно закрываются хорошо подобранными и пригнанными пробками со вставленными въ нихъ соответствующими отводными стеклянными трубками. Всѣ отверстія сосудовъ и отводныхъ трубокъ закрываются ватными пробками. То же самое дѣлается съ отверстіями передаточной контрольной воронки. Послѣ этого всѣ эти стеклянные части бродильнаго аппарата помѣщаются въ холодный сухой стерилизаторъ. Послѣдній газовой горѣлкой постепенно нагрѣвается до 170° С., и при этой температурѣ все содержимое его оставляется въ теченіе часа. По охлажденіи все вынимается изъ стерилизатора и является готовымъ для сборки, которая производится соединеніемъ отдѣльныхъ частей аппарата каучуковыми трубками.

Передъ соединеніемъ частей аппарата предназначенная для этого каучуковая трубка предварительно въ теченіе часа стерилизуется текучимъ паромъ. Для этого берется большая стеклянная колба, закрывается резиновой пробкой со вставленной въ нее отводной стеклянной колѣнчатой трубкой, на которую надѣвается нужная для соединенія резиновая трубка соответствующаго діаметра и достаточной длины. Снаряженная такимъ образомъ колба нагрѣваніемъ на сильной газовой горѣлкѣ доводится до кипѣнія. Затѣмъ въ теченіе часа паръ, выходящій изъ колбы, проходя по каучуковой трубкѣ, стерилизуетъ ее. Послѣ этого, не прекращая энергичнаго прогрѣванія трубки, отъ послѣдней отрѣзаются ножницами куски необходимой длины, которыми тотчасъ же соединяются между собою отдѣльныя трубочки различныхъ частей бродильнаго аппарата. При этомъ ватныя пробки, закрывающія во время стерилизаціи отверстія, послѣ обжиганія вынимаются, концы стеклянныхъ трубочекъ и обрѣзанныхъ каучуковъ фламбируются и со всѣми необходимыми предосторожностями и нужной

быстротой производится замена ватных пробок соединительными стерилизованными каучуковыми трубками.

Таким образом связываются между собой все отдельные части бродильного аппарата, кроме передаточной контрольной воронки. Последняя прежде всего присоединяется к питающему сосуду, содержащему сусло, предназначенное для сбраживания. Это производится следующим образом. На толстостенном каучукѣ, надѣтомъ на отводную трубку питающаго сосуда, плотно закрывается винтовой зажимъ, помещаемый при этомъ рядомъ со входящимъ въ каучукъ концомъ стеклянной палочки. Предварительно обожженная ватная пробка, закрывающая отверстие приводной трубочки передаточной контрольной воронки, вынимается, конецъ трубочки фламбируется и быстро съ необходимыми предосторожностями вставляется вмѣсто стеклянной палочки въ толстостенный спускной каучукъ питающаго сосуда. После этого нижній конецъ присоединенной передаточной контрольной воронки поднимается, такъ что она принимаетъ вертикальное положеніе верхнимъ концомъ внизъ и вся располагается при этомъ выше уровня спускнаго отверстия питательнаго сосуда. Сохраняя указанное положеніе, осторожнымъ открываніемъ винтового зажима заполняется суслomъ вся приводная трубочка передаточной воронки. Это должно быть сдѣлано такъ, чтобы сусло въ трубочкѣ дошло точно до выводнаго отверстия, не перелившись за него и вмѣстѣ съ тѣмъ вытѣснивъ весь заходящій въ трубочку воздухъ.

Полное удаленіе послѣдняго изъ приводной трубочки передаточной воронки является необходимымъ условіемъ для возможности установить равномерный притокъ сусла и для точнаго регулированія его въ дальнѣйшемъ.

Затѣмъ передаточная контрольная воронка опускается. Питающій сосудъ ставится на мѣсто, предназначенное для него во время опыта, и только после этого нижній конецъ передаточной воронки фламбируется, освобождается отъ ватной пробки и уже указаннымъ порядкомъ присоединяется стерильнымъ каучукомъ къ приводному отверстию перваго бродильнаго сосуда.

После этого бродильный аппаратъ готовъ для прививки дрожжей.

Дрожжи, предназначенныя для опыта, освѣжаются перевивкой и предварительнымъ двухсуточнымъ броженіемъ въ термостатѣ при 25° С. Это броженіе ведется во фрейденрейховской колбочкѣ, содержащей 30 куб. сент. стерильнаго пивнаго сусла, въ которое дрожжи прививаются ушкомъ платиновой проволоки. После двухсуточнаго броженія сбродившее сусло при соответствующихъ

предосторожностяхъ сливается съ образовавшагося осадка. Послѣдній взбалтывается съ оставшимся небольшимъ количествомъ жидкости. Отсюда стерильной маленькой пипеткой берется масса дрожжей и 1—2 капли этой культуры ихъ вносятся съ необходимыми предосторожностями въ первый бродильный сосудъ аппарата, именно въ тотъ сосудъ, который непосредственно связанъ съ передаточной контрольной воронкой.

Стеклопипетка, которой прививаются дрожжи, передъ употребленіемъ стерилизуется. Для этого широкій конецъ ея закрывается маленькимъ кусочкомъ ваты, вводимымъ въ отверстіе. Сама пипетка завертывается въ бумагу. Образующіеся пакетики завязываются ниткой и стерилизуется въ теченіе часа при 170° С.

Послѣ прививки дрожжей соединяются стерильнымъ каучукомъ газоотводныя трубочки передаточной контрольной воронки и перваго бродильнаго сосуда аппарата. Этимъ заканчивается сборка аппарата. Затѣмъ сейчасъ же открывается винтовой зажимъ на каучукѣ спускной трубки питающаго сосуда и такимъ образомъ наполняется сусломъ первый бродильный сосудъ аппарата, послѣ чего притокъ сусла прекращается. Водяная ванна наливается водой соответствующей температуры, поддерживаемой во время опыта при помощи горѣлки для термостатовъ соединенной съ газовымъ терморегуляторомъ, погруженнымъ въ воду ванны бродильнаго аппарата. Равномѣрность температуры обеспечивается также непрерывнымъ перемѣшиваніемъ воды, что вызывается пропусканіемъ воздуха, приводимаго черезъ мелкія отверстія трубочки, проложенной по длинѣ ванны подъ ложнымъ дномъ ея. Въ ванну погружаются minimum и maximum термометры, по показанію которыхъ ведется запись температуры и ея колебаній во время опыта. Послѣ прививки дрожжей и наполненія перваго бродильнаго аппарата начинается броженіе. Первоначально оно идетъ безъ притока сусла. Когда же на поверхность образующейся при броженіи пѣны начинаютъ выноситься свернувшіяся выдѣленія темнаго цвѣта, то открывается винтовой зажимъ на толстостѣнномъ каучукѣ сливной трубки питающаго сосуда и такимъ образомъ устанавливается непрерывный притокъ сусла къ аппарату. Сила тока сусла опредѣляется по числу капель его за одну минуту и регулируется большимъ или меньшимъ открываніемъ винтового зажима.

Такимъ образомъ, бродильный аппаратъ пущенъ въ ходъ, и въ дальнѣйшемъ работа его совершается непрерывно при постоянныхъ условіяхъ относительно температуры и силы тока сусла.

Когда все сусло, предназначенное для опыта, сброжено, опытъ заканчивается и аппаратъ разбирается. Разборка его, въ зависимости отъ задачъ, преслѣдуемыхъ опытомъ, можетъ быть проведена различно. Когда желательно прослѣдить, какія стадіи броженія отвѣчаютъ отдѣльнымъ сосудамъ аппарата, какъ въ нихъ распределяется масса образующихся дрожжей и т. п., то въ этомъ случаѣ нужно по окончаніи опыта каждый бродильный сосудъ аппарата выдѣлить изъ общей цѣпи ихъ и содержимое его проанализировать самостоятельно. Собразно этому требованію ведется и разборка бродильнаго аппарата.

Когда кончается опытъ, прежде всего закрывается винтовой зажимъ на толстостѣнномъ каучукѣ сливной трубки питающаго сосуда. Изъ ванны спускается вода. На середину каждаго каучука, соединяющаго отводную трубку предыдущаго съ приводной послѣдующаго бродильнаго сосуда аппарата, помѣщаются рядомъ два сильныхъ зажима, которыми плотно пережимаются соединительные каучуки. Такимъ же образомъ располагаютъ зажимы между приводной контрольной воронкой и первымъ бродильнымъ сосудомъ, а также между приемникомъ и послѣднимъ бродильнымъ сосудомъ.

Послѣ этого между каждыми двумя рядомъ помѣщенными зажимами каучуковыя трубки разрѣзаются и такимъ образомъ производится расчлененіе бродильнаго аппарата на отдѣльные составляющіе его элементы. Затѣмъ содержимое каждаго бродильнаго сосуда осторожно сливается съ осадка дрожжей въ сухой бумажный слоеный плотный фильтръ фабрики C. Schleicher-Schüll № 572 $\frac{1}{2}$, помѣщенный въ стеклянную воронку съ пришлифованными краями. Для устраненія возможности испаренія во время фильтраціи воронка закрывается стекломъ. Приемникомъ для фильтраціи служитъ сухая стеклянная колба. Въ профильтрованномъ сброженномъ суслѣ опредѣляются указанными уже методами содержаніе экстракта, алкоголя и, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, азота по методу Къельдаля.

Когда требуется опредѣлить количество получившихся дрожжей, производится слѣдующее. Оставшійся послѣ сливанія на фильтрѣ сброженнаго сусла осадокъ дрожжей изъ бродильнаго сосуда при повторномъ споласкиваніи водой послѣдняго переносится количественно въ высокій стеклянный цилиндръ, имѣющій плотно запирающуюся пробку. Въ этотъ же цилиндръ послѣ стеканія съ фильтра главной массы жидкости переводятся съ остатками послѣдней дрожжи, задержанныя фильтромъ. Для этого воронка съ фильтромъ переносится на цилиндръ. Въ концѣ фильтра дѣлается тонкой стеклянной палочкой от-

верстие, через которое количественно смывается в цилиндр вся масса дрожжей, оставшихся на фильтре. Смывание дрожжей производилось при помощи очень тонкой сильной струи воды, которая получается, падая на водопроводный крань каучуковый рукавь, в который вставляется стеклянная трубка съ очень узкимъ оттянутымъ концомъ. Большимъ или меньшимъ открываніемъ водяного крана можно получить струю воды любой силы. Въ этихъ условіяхъ при указанныхъ фильтрахъ смываніе дрожжей въ цилиндръ идетъ легко, быстро и требуетъ самаго незначительнаго количества воды.

Цилиндръ съ переведенными въ него дрожжами доливается охлажденной водою, куда прибавляется такое количество нормальнаго раствора сѣрной кислоты, какое нужно для того, чтобы въ цилиндрѣ получилась жидкость съ кислотностью, отвѣчающей приблизительно 2° Дельбрюка. Это имѣетъ цѣлью устранить возможность развитія инфекціонныхъ организмовъ, а также подавить ростъ и броженіе собранныхъ дрожжей. Послѣ этого цилиндръ, дополненный водою, энергично встряхивается и помѣщается на 10—12 часовъ въ ванну съ тающимъ льдомъ. По прошествіи этого промежутка времени дрожжи осѣдаютъ плотнымъ слоемъ. Отстоявшаяся жидкость осторожно декантируется, а дрожжи отдѣляются отъ оставшейся жидкости на путыгъ-аппаратѣ, затѣмъ здѣсь же промываются холодною водою, отъ избытка которой отдѣляются многократнымъ отжиманіемъ между слоями фильтровальной бумаги и прессованіемъ подъ опредѣленнымъ давленіемъ. Количество такимъ образомъ полученныхъ дрожжей устанавливается взвѣшиваніемъ съ точностью до 0,1 гр. Кроме того, въ нихъ же опредѣляется содержаніе азота по методу Kjeldahl-я.

Такой же обработкѣ и аналогичному анализу подвергается сброженное сусло, попадающее въ пріемникъ. Испытаніе его ведется отдѣльными пробами по мѣрѣ накопленія, при чемъ происходитъ смѣна пріемниковъ. Въ исходномъ собираемомъ суслѣ опредѣляется содержаніе экстракта и азотъ по методу Kjeldahl-я.

Иной способъ разборки бродильнаго аппарата примѣнялся въ тѣхъ опытахъ, которые имѣли цѣлью выяснитъ балансъ собираемаго вещества и величину траты его при броженіи. При этихъ условіяхъ опредѣляется взвѣшиваніемъ съ точностью до 0,1 гр. вѣсъ питающаго сосуда до опыта и послѣ него, чѣмъ устанавливается количество исходнаго сладкаго сусла, подвергнутаго броженію.

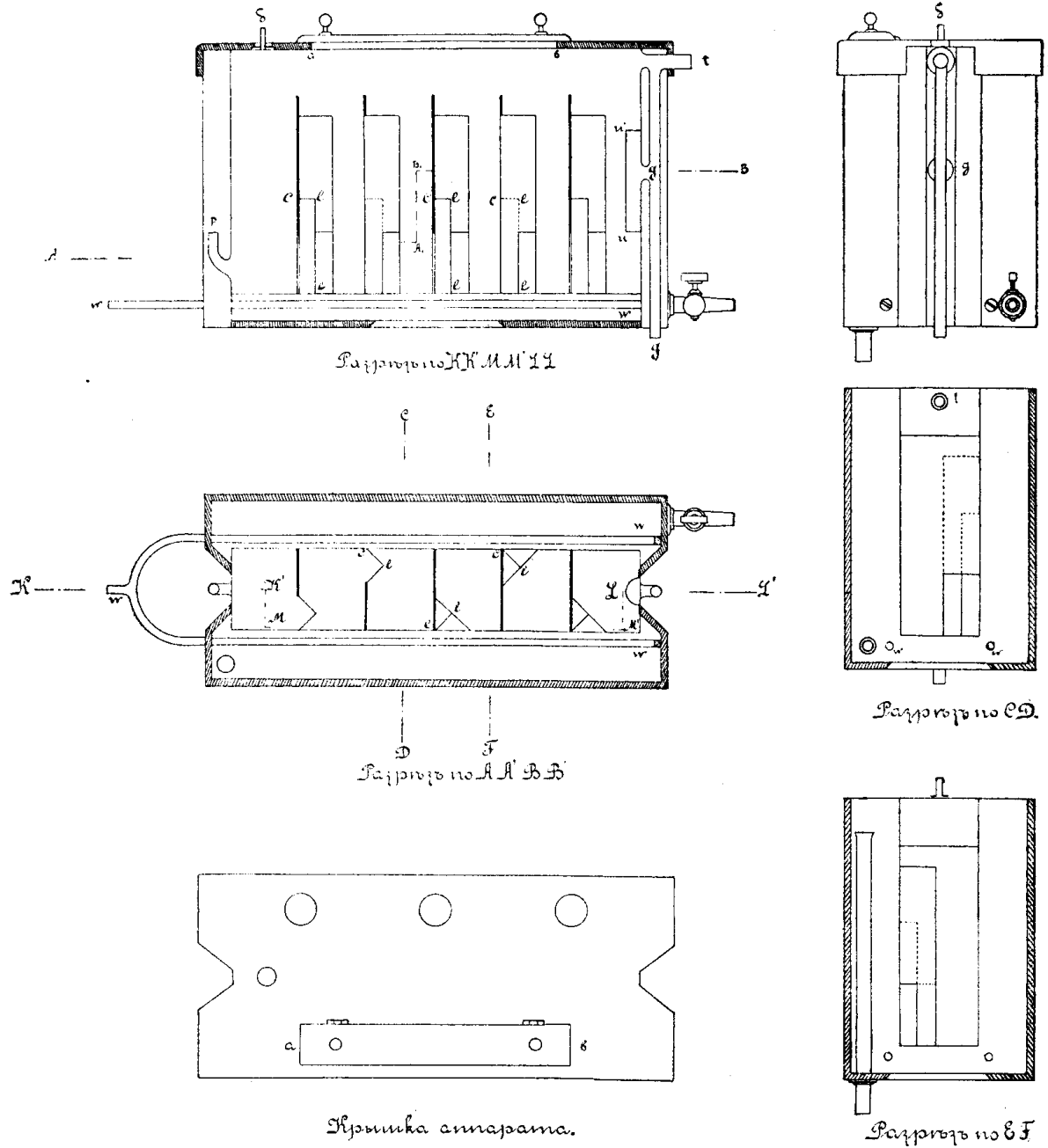
По окончаніи опыта первоначально отдѣляется уже указаннымъ порядкомъ только питающій сосудъ и пріемникъ сброженнаго сус-

ла. Послѣ этого содержимое неразъединеннаго бродильнаго аппарата сливается черезъ спускную трубку и каучукъ послѣдняго бродильнаго сосуда во взвѣшенную съ точностью до 0.1 gr. стеклянную бутылъ. Сливаніе производится, поднимая тотъ край ванны съ укрѣпленными въ ней бродильными сосудами аппарата, гдѣ помѣщается первый изъ нихъ. Благодаря этому жидкость переливается изъ сосуда въ сосудъ по соединительнымъ трубкамъ и направляется въ подставленную сборную бутылъ. Далѣе идетъ промываніе аппарата, для чего промывную воду направляютъ сначала въ первый, потомъ во второй и слѣдующіе бродильные сосуды. Промои направляются въ ту же бутылъ, куда было слито и сброженное сусло. Когда аппаратъ окажется достаточно промытымъ, его разъединяютъ ранѣе указаннымъ порядкомъ, и каждая часть его теперь уже самостоятельно смывается тонкой сильной струей воды. Всѣ проmoi переводятъ безъ потерь опять таки въ сборную бутылъ, куда поступаетъ также сброженное сусло изъ пріемниковъ и вода изъ склянокъ Дрексля. Порядокъ разборки и промыванія въ этомъ случаѣ вполне ясно опредѣляется необходимостью все содержимое бродильнаго аппарата количественно перенести въ сборную взвѣшенную бутылъ.

Разность вѣсовъ послѣдней до и послѣ ея наполненія даетъ вѣсъ раствора сброженнаго сусла вмѣстѣ съ промоями и дрожжами. Уменьшая полученную величину на вѣсъ дрожжей, количество которыхъ опредѣляется, какъ было указано раньше, получимъ вѣсъ только одного раствора сброженнаго сусла. Опредѣливъ анализомъ составъ послѣдняго и зная его вѣсъ, получимъ вѣсовые количества заключающихся въ немъ алкоголя и экстракта. А такъ какъ количество экстракта, подвергавшагося сбраживанію, также опредѣлено, то все это даетъ возможность установить величину траты экстракта при броженіи. Послѣднее и является цѣлью опытовъ, при которыхъ разборка бродильнаго аппарата производится только что описаннымъ образомъ.

Не трудно видѣть, что необходимымъ условіемъ успѣха такого рода опытовъ является точность количественнаго опредѣленія экстракта и алкоголя въ сброженномъ суслѣ. Между тѣмъ указанная конструкція бродильнаго стекляннаго аппарата типа—А въ связи съ разборкой его ставятъ въ этомъ отношеніи большія затрудненія со стороны возможности практическаго осуществленія такихъ опытовъ. Въ виду этого, для опытовъ, имѣющихъ цѣлью выясненіе величины траты при броженіи, былъ сконструированъ другой непрерывно дѣйствующій бродильный аппаратъ типа—В.

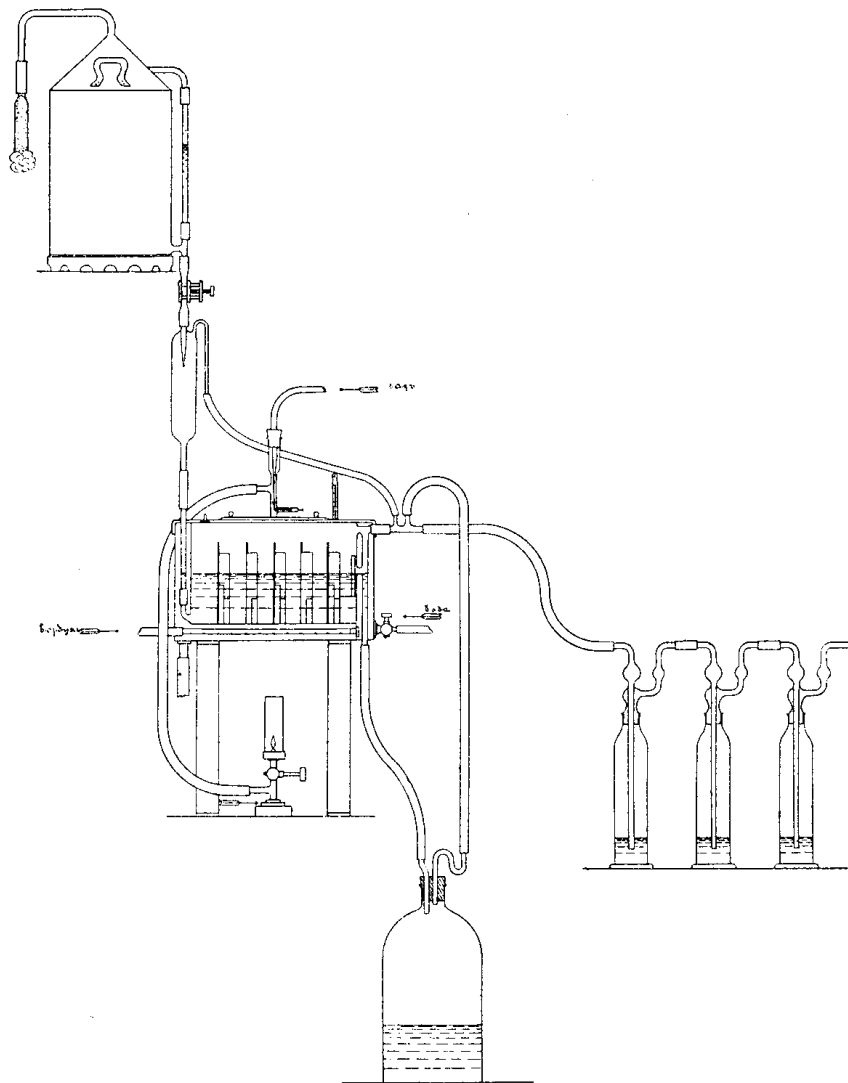
Чертежъ № 13.



Непрерывно дѣйствующій бродильный аппаратъ системы С. В. Лебедева.
(Типъ - В.)

Устройство этого аппарата представлено на чертежѣ № 13, а установка его во время работы видна изъ чертежа № 14.

Чертежъ № 14.



Непрерывно дѣйствующій бродильный аппаратъ системы С. В. Лебедева
въ собранномъ видѣ.

(Типъ—В.)

При этомъ аппаратѣ типа—В измѣненія касались только формы, но не сущности дѣла, которая остается той же, что и при бродильномъ аппаратѣ типа—А. Бродильный аппаратъ типа—В представляетъ собой длинный, высокій и узкій четырехугольный закрытый ящикъ, сдѣланный изъ луженой мѣди. Весь этотъ