

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ГРУЗИИ
ГРУЗИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СУБТРОПИЧЕСКОГО
ХОЗЯЙСТВА**

На правах рукописи

**КЕТЕВАН КИНЦУРАШВИЛИ
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА
ФЕРМЕНТАЦИИ ТАБАКА**

Специальность: 05.18.10- Технология чая, табака и
субтропических культур

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации, представленной на соискание ученой
степени доктора технических наук

Кутаиси

2006

Работа выполнена в Грузинском государственном университете субтропического хозяйства и Кутаисском научном центре Академии Наук Грузии

Научный консультант: *Реваз Мелкадзе* – доктор технических наук

Официальные оппоненты:

Зураб Дзнеладзе – доктор технических наук, профессор, лауреат государственной премии Грузии (05. 18. 10).

Рани Чабукиани – доктор технических наук, профессор, (05. 18. 10).

Алеко Каландия – доктор биологических наук, профессор, (03. 00. 04).

Защита диссертации состоится « _____ » _____ 2006 г в _____ час на заседании диссертационного Совета Ag 06.10№7 в Грузинском государственном университете субтропического хозяйства

Адрес: г. Кутаиси, просп. И. Чавчавадзе, 21

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан « _____ » _____ 2006 г.

Ученый секретарь диссертационного Совета,
кандидат технических наук, доцент

Нани Чиковани

Общая характеристика работы

Актуальность проблемы. Табак занимает одно из важнейших мест среди технических культур сельского хозяйства Грузии, а из республик бывшего СССР его удельная доля составляла более 8% (приблизительно 20 тыс. тонн). Основными районами его распространения является Абхазия, Кахетия (Лагодехский район) и Аджария.

К сожалению, после происшедших в стране известных событий отрасль претерпела определенную деградацию и фактически прекратилась промышленное производство. Производство табака в республике полностью стало ориентироваться на импорт, что само по себе связано с утечкой значительных валютных средств, не говоря уже о невысоком качестве завезенного табачного изделия.

Необходимо подчеркнуть, что отечественное табачное сырье отличается сортовым и качественным разнообразием, ввиду чего оно всегда составляло предмет экспорта.

Исходя из вышесказанного в порядке дня стал вопрос о необходимости реабилитации и дальнейшего развития данной отрасли.

Известно, что себестоимость курительных изделий более чем на 90% обуславливает табачное сырье. Последнее характеризуется сложным комплексом показателей качества, от сочетания которых зависит выпуск сигарет и папирос с заданными и стабильными во времени свойствами при минимальных затратах. По этому фактор «табачное сырье» весьма важный в табачном производстве и во многом определяет его экономику.

Многие годы в табачной отрасли отечественного производства в силу различных причин, вопросы качества табачного сырья, по существу, стояли на втором месте. Большой дефицит табака и необходимость в импортных закупках не позволяли более жестко и требовательно ставить вопросы о существенном улучшении качества, хотя очевидная необходимость в этом явно ощущалась. Однако за последнее время ситуация заметно улучшилась. Появление новых регионов возделывания табака (Имерети, Аджария) продиктовало необходимость в существенном улучшении табачных изделий. В свете этого особую значимость приобретает проблема улучшения качества табака, причем эта проблема тесно связана и с расходом сырья.

Формирование качества табачного сырья происходит на всех этапах послеуборочной обработки, в том числе и на фермзаводах, где сырье проходит три стадии: доферментационное хранение, собственно процесс ферментации и, наконец, послеферментационное старение. Многолетняя практика позволила выработать в определенной степени оптимальные режимы получения кондиционного сырья. В то же время существующее производство имеет ряд недостатков, которые противоречат требованиям НТР: недостаточный контроль за свойствами табачного сырья, высокая

энергоёмкость и длительность процессов, значительные потери сухого вещества, отсутствие эталонов качества на сырье и др. Ныне действующий стандарт на сферментированный табак нуждается в существенном развитии, так как не отражает многих показателей качества табачного сырья. Дальнейшее развитие и модификация ферментационного производства должно основываться на изучении и внедрении принципиально новых прогрессивных способов обработки табака при одновременном использовании высокоэффективных методов комплексной оценки качества табачного сырья. Только при таком подходе возможно получение результатов, соответствующих требованиям НТР.

Таким образом, актуальность выбранной темы диссертационной работы очевидна. Результаты многолетних и обширных теоретических исследований, а также богатый практический опыт свидетельствует о реальных возможностях успешного коренного улучшения технологических процессов, имеющих место на фермзаводе.

Представленная диссертация является законченным исследованием, в которой обобщены результаты многолетних работ, проведенных автором.

Работа выполнена в соответствии с программой научно-исследовательских работ Грузинского государственного университета субтропического хозяйства. Она связана с научно-технической программой научного обеспечения развития агропромышленного комплекса Грузии «Грузагропромкомплекс – 95».

Цели и задачи исследования. Целью проведенного исследования являлось интенсификация и усовершенствование процесса ферментации табака, дальнейшее развитие и модификация ферментационного производства.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- использование высокоэффективных методов комплексной оценки качества сырья для характеристики состава сортотипов табака до и после ферментации.
- улучшение методов обработки табака за счет интенсификации процессов ферментации;
- интенсификация процесса ферментации в анаэробных (функционирование производства) условиях с учетом взаимосвязей трех технологических факторов;
- установление сферментированности табака с применением объективных инструментальных методов (использование более усовершенствованного контроля качества);
- исследование особенностей измерения основных показателей качества табачного сырья во время доферментационного хранения;

- установление основных отличий неферментированного и ферментированного табаков спектрофотометрическим методом и разработка оптимальных параметров ферментации;
- интенсификация и усовершенствование процесса ферментации в анаэробных (перспектива) условиях;
- оптимизация технологического процесса обработки табака;
- получение табачного продукта с низким содержанием никотина на основе использования народного растительного сырья.

Научная новизна. Предложены оптимальные технологические регламенты осуществления 2-й фазы ферментации табака; установлены режимы ферментации табачного сырья на основе химико-технологических свойств исходного сырья; Разработан спектрофотометрический метод определения состава и свойств сырья и установлены математические зависимости при постоянных температурно-влажностных режимах между 1-ой, 2-ой и 3-й фазами ферментации, величиной кислородного показателя, стабильностью ферментирующего табака и продолжительностью 2-ой фазы ферментации; установлена величина кислородного показателя при 3-ей фазе ферментации и предложены оптимальные характеристики управления процесса ферментации в зависимости от особенностей сырья; установлены пути интенсификации процессов заводской ферментации табака, предельные значения сроков «старения». Предложен метод спектрометрического ультрафиолетового контроля комплексных характеристик качества табачного сырья. Предложена технология анаэробной ферментации табака, что обеспечивает резкое снижение потерь сухих веществ сырья и увеличение производительности технологических устройств: выявлены растения-суррогаты табака и установлены оптимальные дозы использования их в табаке. Разработан метод идентификации никотина в растительном сырье и способ суррогатирования табака.

Научная новизна и практическая ценность работы подтверждены двумя заявками на выдачу патента.

Практическая ценность и реализация. На основе исследования химических и технологических характеристик табачного сырья разработаны технологические параметры естественной ферментации и хранения, составляющие 6 месяцев и обеспечивающие сокращение продолжительности 2-ой фазы ферментации табака приблизительно на 25%. Разработан спектрофотометрический метод определения состава и свойств табачного сырья, что обеспечивает комплексную оценку качественных показателей сырья.

Разработаны оптимальные параметры продолжительности доферментационного хранения неферментированного табака в пределах 6-15 месяцев в зависимости от

величины кислородного показателя: разработаны технологические регламенты предельных значений «старения» в 1,5 года; разработаны спектрофотометрический метод определения основных показателей качества табака и средства воздействия и управления над качеством табака, которые обеспечивают повышение производительности труда в 25 раз. Разработаны оптимальные параметры анаэробной ферментации табака в условиях углекислоты, вакуума и герметической упаковки путем подогрева упакованного табака приблизительно на 70°C и дальнейшего его самоохлаждения. Разработан метод идентификации никотина в растительном сырье и способ производства низконикотинового табачного продукта.

Апробация работы. Основные положения работы доложены и рассмотрены на республиканских и отраслевых конференциях (2004-2005 г.г.), заседаниях объединенных кафедр субтропических культур, технологии, биотехнологии и продовольственных продуктов Грузинского государственного университета субтропического хозяйства и рекомендована к публичной защите.

Публикации. Основные результаты исследований опубликованы в 20 научных работах, получены 2 положительных решения о выдаче патента на изобретение.

Объем и структура работы. Работа изложена 186 страницах компьютерного текста, иллюстрирована 33 таблицами и 16 рисунками. Она состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, основных выводов, рекомендации, списка использованной литературы 185 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Литературный обзор

Рассмотрены теоретические и практические основы табачного производства, современное состояние отрасли и основные этапы развития, направления и тенденции, основные факторы, определяющие качества и свойств табака; приведены данные о мировом производстве табака.

С учетом химического и качественного потенциала сырья проанализированы основные направления ее технологической переработки, способы производства, процессы, технологические схемы и технические средства.

На основе анализа существующих технологических режимов обоснованы значения мероприятий ресурсосберегающего производства ферментированного табака и новых технологических способов, направленных на повышение эффективности производства и дальнейшей реабилитации отрасли. Особое внимание обращено к проблемам снижения производственных потерь и получения дополнительных продуктов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2. Объекты и методы исследования

Экспериментальные исследования проводились с табачным сырьем сортотипа «Трапезонд», полученным от частных секторов районов Имеретии. Все эксперименты, связанные с доферментационным хранением табачного сырья, ферментацией и последующим старением проводились в лабораториях Кутаисского научного центра АН Грузии. Работы выполнялись с табачным сырьем урожаев 2002-2005 г.г. В процессе выполнения экспериментальных исследований пользовались следующее лабораторное оборудование и приборы:

- лабораторный резальный станок;
- климатический шкаф;
- устройство для определения кислородного показателя;
- баня водяная с автоматической регулировкой;
- спектрофотометр СФ-26;
- сушильный шкаф;
- рассев лабораторный;
- электронный влагометр.

Контроль за технологическими и лабораторными экспериментами осуществлялось с помощью общепринятых методов анализа, описанных в стандартах на табачное сырье и в соответствующих инструкциях: влажность, фракционный состав, товароведческая оценка, кислородный показатель.

Для комплексного определения основных показателей качества табачного сырья: курительных, (вкус, аромат, крепость, горючесть), технологических (заполняющая способность, объемно-упругие свойства, измельчаемость, гигроскопические свойства) и токсических свойств (никотин в дыме, сухой конденсат и окись углерода) использовался спектрофотометрический метод, разработанный на кафедре технологии табака Краснодарского политехнического института.

В отдельных случаях применялись специфические методы, описание которых приводятся в соответствующих разделах экспериментальной части.

Для пересчета спектрофотометрических данных в конкретные показатели качества при использовании спектрофотометрического метода комплексной оценки качества использовали «уравнения качества». Математические методы обработки экспериментальных данных на основе приемов «распознавание образцов», а также

планирования эксперимента описаны подробно в соответствующих разделах экспериментальной части.

В диссертации использовали также современные методы математической статистики для оценки значимости и достоверности полученных результатов. В частности, вычисляли:

– статистически среднее значение $\bar{x} = \frac{\sum xi}{n}$;

– стандартное отклонение $\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (\bar{x} - xi)^2}{n-1}}$;

– коэффициент вариации $v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%$;

– стандартную ошибку $s = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$;

– значение средней генеральной совокупности $\mu = \bar{x} \pm t \cdot s$ (при уровне вероятности $p = 95\%$).

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3. Ферментация табака в аэробных условиях

Изучены пути интенсификации процесса заводской ферментации с учетом трех технологических фаз: доферментационное хранение табачного сырья, собственно ферментация и послеферментационное хранение («старение») на базе использования усовершенствованных методов контроля качества.

Для характеристики состава табака сортотипа «Трапезонд» до и после ферментации был использован спектрофотометрический метод измерения величины светопропускания водного экстракта сырья в ультрафиолетовой области при длине волны $200 \div 350$ нм и математической обработкой полученных данных с применением методики «распознавания образцов». Показано, что метод распознавания образцов связан с вводом правила классифицирования, по которым с использованием системы признаков (интенсивность светопропускания на разных длинах волн) определена принадлежность объекта тому или иному классу (уровню показателя качества). В качестве классифицирующего правила использована линейная дискриминантная функция. По размерности признакового пространства (31 значение длины волн) они были упорядочены по информативности и вычислены суммарный внутригрупповой разброс по всем классам (сумма квадратов отклонений значений наблюдений от среднего по всем классам) и вклад каждого признака в этот суммарный внутригрупповой разброс:

$D_i = \sum_{l=1}^k \sum_{y=1}^M [x_y^{(l)} - \bar{x}_i^{(l)}]^2$, где D_i – сумма квадратов отклонений по всем k классам от среднего

для i – го признака; $x_y^{(l)}$ – значение y – ой реализации в l – ом классе по i – ому признаку;

$\bar{x}_i^{(l)}$ – среднее i – го признака в l – ом классе.

Качество классификации было оценено двумя методами: «переклассификации» и «скользящего экзамена».

Показано, что с увеличением объема обучающей выборки возможно уменьшение вероятности ошибки классификации. На основе исследования научных программ модулей были получены: вектор признаков информативности для данного распределения и для признаков информативных подгруппы выбора, матрица среднего показателя по классам, матрица величин обратных дисперсий и оценки распознавания.

Показано, что все эти данные можно использовать для составления классифицирующего правила, по которому определяется принадлежность объекта тому или иному классу.

В качестве изучаемого выбора было использовано 168 образцов табака (84 неферментированный и 84 сферментированный).

При математической обработке данных спектроскопического метода «распознавания образцов» были получены два уравнения («решающее правило», содержащее 18 значений светопропускания при различных длинах волн) следующего вида:

$$\begin{aligned}
 I_1 = & 0,014(T_{200} - 57,507)^2 + 0,012(T_{205} - 51,587)^2 + \\
 & 0015(T_{210} - 46,889)^2 + 0,011(T_{220} - 37,148)^2 + \\
 & 0,016(T_{225} - 46,621)^2 + 0,010(T_{215} - 40,296)^2 + \\
 & 0,019(T_{230} - 42,592)^2 + 0,012(T_{235} - 44,858)^2 + \\
 & 0,018(T_{245} - 38,799)^2 + 0,011(T_{240} - 43,502)^2 + \\
 & 0,015(T_{255} - 44,597)^2 + 0,010(T_{250} - 35,332)^2 + \\
 & 0,015(T_{265} - 32,357)^2 + 0,011(T_{260} - 36,553)^2 + \\
 & 0,015(T_{345} - 49,732)^2 + 0,010(T_{325} - 45,568)^2 + \\
 & 0,018(T_{335} - 26,764)^2 + 0,012(T_{230} - 28,712)^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_2 = & 0,014(T_{200} - 59,779)^2 + 0,012(T_{205} - 53,806)^2 + \\
 & 0015(T_{210} - 48,493)^2 + 0,011(T_{220} - 37,753)^2 + \\
 & 0,016(T_{225} - 41,864)^2 + 0,010(T_{215} - 40,971)^2 + \\
 & 0,019(T_{230} - 43,772)^2 + 0,012(T_{235} - 44,064)^2 + \\
 & 0,018(T_{245} - 40,677)^2 + 0,011(T_{240} - 44,497)^2 + \\
 & 0,015(T_{255} - 43,358)^2 + 0,010(T_{250} - 34,888)^2 + \\
 & 0,015(T_{265} - 33,134)^2 + 0,011(T_{260} - 38,295)^2 + \\
 & 0,015(T_{345} - 50,634)^2 + 0,010(T_{325} - 48,733)^2 + \\
 & 0,018(T_{335} - 55,858)^2 + 0,012(T_{230} - 28,712)^2
 \end{aligned}$$

4. Процессы ферментации табака в период доферментационного хранения.

Проведены эксперименты по изучению динамики и изменений кислородного показателя во время доферментационного хранения на неферментированном табаке сортотипа трапезонд 1,2 и 3 сортов. Для этого влажность каждого образца доводили до 13% и готовили кипы различной массы (2, 2,5 и 3 кг). Образцы помещали в условиях склада (не более 6 месяцев) и из них брали навески для определения кислородного показателя. Результаты исследования представлены в табл. 1 и на рис. 1.

Показано, что во всех случаях доферментационного хранения имеет место снижение кислородного показателя, при этом на его исходную величину особого влияния не оказывает товарный сорт табака, однако в целом он более высок для третьего сорта.

Установлено, что повышение плотности кипы вызывает более сильное снижение кислородного показателя. Эта закономерность выявлена во всех образцах и сезонах. Этот характер изменения кислородного показателя, по нашему мнению, связан с самосогреванием табачного сырья при увеличении плотности кипы (затруднение доступа кислорода) и инактивацией ферментативных реакций, связанных с интенсификацией процессов, происходящих при функционировании цикла Кребса за счет повышения температуры.

Показано, что фактор доферментационного хранения табачного сырья не оказывает существенного влияния на уровень снижения кислородного показателя. В этой связи были проведены эксперименты по установлению динамики кислородного показателя при ферментации табака с разной продолжительностью хранения с ферментацией сырья 1 и 2 сортов в режиме 50°C , 3 сорта – в режиме 60°C . Результаты представлены в табл. 2 и на рис. 2, 3 и 4.

На основе проведенных экспериментов установлена определенная закономерность: табак после 6 месяцев хранения гораздо быстрее достигает порога сферментированности ($\text{КП} \leq 0,1$), продолжительность 2-ой фазы ферментации можно сократить на 24 часа, что обеспечивает интенсификацию процесса, повышение производительности ферментационного оборудования и сокращение энергозатрат.

На основе данных кислородного показателя и спектрофотометрии со сравнительными анализами сферментированного табака установлено, что они в целом совпадают, хотя в отдельных случаях спектрофотометрический метод сигнализирует о более раннем завершении процесса.

5. Оценка потенциальных возможностей неферментированного табака с помощью «УФ-метода»

Рассмотрены вопросы о взаимосвязи состава табака до и после ферментации на основе спектрофотометрических характеристик водного экстракта сырья и определения сферментированности сырья на соответствующих спектрах. Для описания этой зависимости использовали математическое выражение:

$$S_{\phi} = f(S_{нф})$$

где $S_{нф}$ - спектр неферментированного сырья;

S_{ϕ} – тоже для сферментированного табака.

Для математической обработки материала были использованы спектрофотометрические данные, которые были получены для образцов различного табачного сырья до и после ферментации.

Прогноз спектрофотометрической кривой S_{ϕ} – на основе кривой $S_{нф}$ осуществляли путем последовательного прогноза каждой точки спектра в интервале от 200 до 350 нм через каждые 5 нм. Для каждой точки спектра T были рассчитаны уравнения регрессии типа T_{if} . Получено целое семейство уравнений (всего 31), которые позволяют прогнозировать любую точку S_{ϕ} на основе спектрофотометрических данных $S_{нф}$.

Показано, что практическая значимость математического выражения зависимости между двумя спектрами может выразиться в определении цен на табачное сырье.

Проведено исследование по выбору режимов ферментации в зависимости от характера $S_{нф}$ поступающего сырья. Для экспериментов выбраны 12 кип табака. Перед ферментацией из кип отбирали образцы для определения $S_{нф}$ спектров. Табачные кипы ферментировались в режиме $50^{\circ}C$ и из каждой кипы через 24, 48 и 72 часов брали образцы для установления кислородного показателя. Получено уравнение регрессии, описывающее взаимосвязь между кислородным показателем, спектра $S_{нф}$ неферментированного табака и продолжительностью 2-й фазы τ_2 (час).

$$ПК = 5,8648 - 0,0199\tau_2 - 1,4252T_{210} + 1,1514T_{215} - 0,7489T_{270} + 4,5867T_{295} - 3,6576T_{300} - 0,2942T_{345}$$

Где T_i – значение величины светопропускания (%) водного экстракта неферментированного табака при длине волны i .

Полученное уравнение регрессии имеет следующие статистические характеристики: множественный коэффициент корреляции $R_f = 0,832$, коэффициент Фишера $F_u = 9,029$ и коэффициент аппроксимации $\bar{\varepsilon} = 11,2\%$.

На основе полученных результатов показана достоверная взаимосвязь между характеристиками исходного сырья и элементами технологии его переработки, что можно

использовать для создания математического модуля ферментационного производства, и оптимизации и автоматизации процессов.

Исследованы основы управления процессом ферментации в зависимости от свойств перерабатываемого сырья. Для этого осуществили наблюдение за снижением КП во время 3-й фазы ферментации. Полученные результаты даны в табл. 3.

Установлены некоторые статистические характеристики: среднее арифметическое $\Delta КП = 0,05$, стандартное отклонение $\sigma = 0,0149$, коэффициент вариации $v = 29,74\%$.

Установлено, что примерно 70% случаев снижение КП варьируется в пределах от 0,0351 до 0,0649. Поэтому снижение КП во 2-й фазе до уровня (0,0351-0,1) является гарантом сферментированности табачного сырья по показателю КП ($\leq 0,1$) после 3-й фазы ферментации.

На основе полученных результатов внесены следующие коррективы: 1-ая и 3-ья фазы ферментации для всех табаков протекают с жестко установленными режимами. Поэтому для поступающего на ферментацию табака, после установления его состава и изучения $S_{нф.}$ путем дальнейшего расчета определяется время 2-й фазы ферментации, которое обеспечивает достижение $КП = (0,0351 - 0,1)$.

Предложенная методика управления процессом является принципиально новым подходом и ее можно использовать во время конкретных случаев табачного производства.

6. Ускорение процесса ферментации и «старение» табачного сырья

Следует отметить, что представленный вопрос нами исследован впервые. При проведении экспериментов использовали табак 1, 2 и 3 сортов, из которых готовились кипы и ферментировали в обычных условиях. Во время 2-й фазы через каждые 3 месяца отбирали пробы для определения КП. Результаты представлены в табл. 4 и на рис. 5.

На основе материалов анализа установлено, что во время доферментационного хранения табачного сырья происходит закономерное снижение уровня КП. При этом в пределах одного товарного сорта уровня сферментированности по $КП < 0,1$ образцы достигали тем быстрее, чем меньше значение КП было в табаке при его укладке на хранение. Показано, что за счет длительности хранения возможно доведение неферментированного табака до кондиции сферментированности. Время достижения $КП < 0,1$ варьируется в пределах 6-15 месяцев. В среднем, можно считать, что при годичном хранении табачное сырье проходит укороченный цикл 2-ой фазы ферментации и приобретает свойства сферментированного табака. Это подтверждают данные на основные показатели качества с применением спектрофотометрического метода (табл. 5).

Эти данные показывают, что различия между контролем (сферментированный табак) и опытными образцами, по основным показателям качества, находятся в пределах точности отбора пробы и, исходя из этого, во время «старения» свойство «неферментированности» за длительный промежуток времени можно достаточно просто, без затрат ликвидировать.

Полученный экспериментальный материал имеет определенный практический интерес: если табачная отрасль располагает достаточными запасами табачного сырья (годовой и более), то есть экономическая целесообразность в том, чтобы определенную часть сырья недоферментировать путем укорачивания 2-й фазы, что будет способствовать повышению производительности ферментационного оборудования и снижению энергозатрат. Проведены эксперименты по определению динамики некоторых показателей качества табачного сырья в процессе «старения» с использованием спектрофотометрического метода. Использовалось табачное сырье 1, 2 и 3 сортов, которое залеживалось на длительное хранение при обычных условиях. В табл. 6 представлены результаты исследования на примере табачного сырья 1 сорта.

При анализе полученных данных прежде всего следует обратить внимание на курительные свойства, которые характеризуются ароматом и вкусом табачного дыма. Показано, что до года или несколько дольше, процесс «старения» сопровождается некоторым улучшением курительных свойств, после чего, в конце процесса, дегустационные свойства табачного дыма заметно ухудшаются. Оказалось, что по мере послеферментационного хранения табака имеет место существенное улучшение горючести (снижение числа затяжек, необходимое для сгорания «условной» сигареты) и заполняющей способности (снижение показателя г табака/ «условная» сигарета) сырья. Что касается объемно-упругих свойств (жесткость «условной» сигареты в мм), они имеют тенденцию к небольшому ухудшению. Также до известной степени ухудшается показатель измельчаемости. Имеет место снижения равновесной влажности. Исходя из этого вытекает, что на «старение» нельзя укладывать табачное сырье с пониженным уровнем равновесной влажности.

Установлено закономерное снижение (вероятно за счет окислительных реакций) содержания никотина. Поэтому вытекает, что при хранении табачного сырья с высоким (более 2-х%) содержанием никотина можно ожидать улучшение его качества, но если на хранение заложить низконикотиновый табак (около 1%), то можно считать, что после длительного хранения он станет «пустым» т.е. потеряет свои качественные курительные достоинства. Снижение содержания никотина в табаке приводит также к снижению его содержания в дыме, при этом он снижается в гораздо большей степени. Вероятно, что на этот процесс в сильной степени оказывает влияние горючесть табака. Это фактор

оказывает положительное влияние на снижение в дыме токсичных элементов- сухого концентрата и окиси углерода.

На основе проведенных опытов установлено, что на «старение» целесообразно использовать более грубый табак.

7. Совершенствование химико-технологического контроля ферментационного производства

Опыты проведены на усовершенствование способа определения основного показателя сферментированности табака-кислородного показателя. Установлено, что кроме показателя степени загрязнения табачного сырья, влажности и КП немаловажным является осуществление контроля содержания никотина, поскольку этот компонент во многом определяет как физиологическую необходимость курения, так и является индикатором качества табака. Для определения этого показателя разработан простой и быстрый метод, принцип которого заключается в следующем (рис. 6):

в колбу Эрленмейера (1) емкостью 200 мл помещают 1г табака (табачная пыль), добавляют примерно столько же $NaOH$ и $NaCl$, приливают около 50 мл воды и подсоединяют отводную трубку (2). Одновременно в стакан (3) наливают раствор фосфорно-вольфрамовой кислоты заданной концентрации. Затем колбу (1) с отводной трубкой устанавливают на электрическую печь (4), чтобы конец отводной трубки (2) был погружен в содержимое стакана (3), после чего путем нагрева, осуществляют быстрое выпаривание содержимого колбы (1). При этом, вместе с парами воды из колбы (1) улетучивается никотин, который поглощается водным раствором фосфорно-вольфрамовой кислоты в стакане (3). После удаления жидкости из колбы (1) нагрев прекращают, стакан (3) отсоединяют, его содержимое хорошо перемешивают и добавляют несколько капель реактива Драгендорфа. Если содержание никотина в табаке превышает заданный уровень, то раствор окрашивается в красный цвет. И, наоборот, окраски не будет, если уровень никотина в табаке меньше заданного.

Продолжительность определения уровня никотина составляет приблизительно 20 мин, но одновременно можно использовать несколько простейших устройств, что даст возможность одному лаборанту проводить до 25 анализов за день.

Проведены исследования по установлению зависимости между содержанием в табаке алкалоидов A_T и спектральными характеристиками с применением спектрофотометрического метода. Для этой цели был проанализирован 81 образец табака, в которых в качестве прототипа использованы данные предварительного определения содержания никотина с помощью данного метода.

С использованием методов математической статистики получено следующее уравнение регрессии:

$$A_T = 20,497 + 4,498T_{330} - 4,042T_{260} + 3,598T_{265} + 6,680T_{250} - 5,546T_{255} - 1,758T_{320} - 2,949T_{335} - 1,247T_{325} + 0,096T_{345} + 1,994T_{315} - 1,433T_{295} + 0,817T_{285} - 0,745T_{310} + 0,379T_{305} - 0,274T_{240} + 2,638T_{205} - 0,976T_{210}$$

где A_T – содержание никотина в табаке, мг/г на абс. сухой табак;

T_i – светопропускание на заданной длине i волны, %. Полученное уравнение регрессии характеризуется следующими статистическими показателями:

- коэффициент множественной коррекции $R_f = 0,967$;
- критерии Фишера $F_u = 67,009$;
- средняя относительность ошибки $\bar{\varepsilon} = 4,2\%$;

Взаимосвязь между фактическими и расчетными данными представлена на рис. 7. В верхней части этого рисунка в виде гистограмм показано распределение отклонений (различий) между фактическими и расчетными данными.

В общем, основная масса отклонений варьирует в пределах $\pm 1,0$ мг/г абс. сух. табака.

Учитывая то, что исходный материал имел распределение, отклоняющееся от нормального, произвели его математическую обработку по методике «распознавание образцов».

Установлены градации интервалов содержание алкалоидов в табаке:

- 1 класс: 6,100-8,147;
- 2 класс: 8,148-10,195;
- 3 класс: 10,196-12,243;
- 4 класс: 12,244-14,291;
- 5 класс: 14,292-16,339;
- 6 класс: 16,340-18,387;
- 7 класс: 18,388-22,483.

Показано, что вектор информативных признаков включает 11 признаков-значений светопропускания при различных длинах волн, которые по убыви информативности располагаются следующим образом:

$T_{230}, T_{220}, T_{215}, T_{240}, T_{210}, T_{275}, T_{295}, T_{325}, T_{230}, T_{345}, T_{260}$

8. Ферментация табака в анаэробных условиях

Технологический процесс, которым мы именуем «ферментация», решает две задачи: придание табаку стабильности в условиях достаточно длительного хранения при неблагоприятных температурно-влажностных факторах (уменьшение способности к

самоувлажнению) и улучшение курительных свойств. Большое число исследований, связанных с изучением особенностей изменений в табаке, которые он претерпевает во время ферментации показали, что в основе этого процесса лежат реакции как ферментативные, так и чисто химические. Причем зачастую эти реакции трудно разграничить, т.к. они могут быть тесно связаны и дополнять друг друга.

Условно реакции, протекающие во время ферментации, можно разбить на две большие группы: с участием кислорода (окислительные) и без участия кислорода (гидролитические). И в том и в другом случае могут иметь место ферментативные и чисто химические процессы. В результате научных разработок под руководством Мохначева И.Г. была сформулирована и представлена в виде схемы сущность процесса ферментации (рис. 8).

Проведены лабораторные опыты, где образцы табака помещали в полиэтиленовую пленку, воздух вытесняли углекислотой, пленку герметично запаивали, после чего кипы ферментировали в разных режимах. Для экспериментов использовали неферментированный табак 1 сорта. Предварительно его увлажняли до влажности около 18,0%. Из табачных листьев удаляли среднюю центральную жилку. Затем половинки табачных листьев резали на лабораторном станке, а полученные волокна повторно резали в перпендикулярном направлении. В результате получали мелкие частицы табака, из которых выделяли на ситах фракцию с размерами частиц 0,5-3,0 мм. В таком состоянии анализируемый табак представляет собой хорошо смешанную однородную массу, которую можно легко делить для проведения соответствующих экспериментов и получения сопоставимых данных. Все опыты, связанные с моделированием процесса ферментации, проводились в стаканчиках со специально оборудованными крышками (рис. 9). Емкость стаканчика была такой, что она заполнялась примерно наполовину при внесении в него 10 г испытуемого табака.

Опыты проводили по схеме, изображенной на рис.10.

8.1. Ферментация в атмосфере углекислоты

При проведении экспериментов попытались несколько модернизировать ферментацию табака в атмосфере углекислоты, сделать эту технологию более совершенной.

Для определения потерь сухого вещества во время анаэробной ферментации поступали таким же образом, как и в случае ферментации в аэробных условиях. При проведении экспериментов было уделено внимание на степени сферментированности во всех вариантах опыта (табл. 7).

Анализ данных, представленных в табл. 7, показывает, что все образцы, в результате ферментации, достигли степени сферментированности. В данном случае более веским является спектрофотометрический метод по сравнению методом определения кислородного показателя. В последнем случае превышение значения КП=0,1 у трех образцов, ничтожно мало и находится в пределах ошибки опыта.

Были исследованы результаты экспериментов по определению потери сухого вещества и комплекса показателей качества как в воздушной среде, так и в атмосфере CO_2 . Данные представлены в табл. 8 (средние трех определений).

В первом приближении анализ этих данных показывает, что при ферментации в атмосфере CO_2 существенно, более чем в 2 раза, снижаются потери сухого вещества. Что же касается показателей качества табачного сырья, полученного после анаэробной ферментации в сравнении с контролем (ферментация при обычных условиях), то последнее формировалось в разной степени под влиянием трех технологических факторов: температуры, продолжительности процесса и исходной влажности табачного сырья. Было установлено, что каждый показатель качества оказался в различной мере подверженным воздействию технологических факторов. Поэтому, при одних режимах имели лучшие значения показателей качества по сравнению с контролем, в других случаях - худшие. Но главное одно, – ферментация в атмосфере CO_2 позволяет не только сокращать потери табачного сырья, а в некоторых случаях и получать превосходящий по качеству табак, с ферментированный обычным образом.

Математическую зависимость воздействия технологических факторов на потери сухого вещества и индивидуальные показатели качества при ферментации в атмосфере CO_2 отражают уравнения регрессии, которые были получены после обработки данных трехфакторного эксперимента. Общий вид уравнения регрессии для любого показателя качества K^* является следующей:

$$K^* = A + B \cdot t^0 + C\tau + D \cdot W$$

Конкретные значения коэффициентов уравнений регрессии для каждого показателя качества, приведены в табл. 9.

Далее мы поставили задачу выяснить качество смешивания или усреднения табачных листьев. С этой целью пробы табака из каждой кипы после определения влажности и высушивания в сушильном шкафу, измельчали, экстрагировали водой и определяли значение экстинкции на спектрофотометре СФ-26 при длине волны 340 нм. Последующая математическая обработка экспериментальных данных позволила установить, что качество смешивания опытных партий кип, характеризуемый коэффициентом вариации

значении экстинкций, составляло $v = 4,3\%$ (для сравнения следует отметить, что качество смешивания табака в курительных изделиях обычно хуже в 2 и более раза). Таким образом, для опытов была подготовлена хорошо смешанная и равномерная по влажности смесь табака. Для упаковки смеси в полиэтиленовую пленку (использовали газо-и паронепроницаемую пленку марки «Термоплен-2») и последующего создания в упаковке атмосферы CO_2 , применяли установку, изображенную на рис. 11.

Сущность работы на этой установке заключается в следующем: сначала в смеси табака создается разрежение порядка 0,5 кПа, путем отключения с помощью электромагнитного вентиля (5) системы от баллона с углекислотой (7). По достижении вакуума вакуумный насос (8) с помощью управляющего автоматического устройства (10) выключается, после чего с помощью трехходового клапана (5) смесь (9) соединяется с баллоном (7). Внутри смеси создается давление, равное атмосферному, и клапан (5) вновь отсоединяет смесь (9) от баллона (7). Таким образом, в смеси табака атмосфера воздуха заменяется атмосферой CO_2 . Перед отсоединением смеси табака место ввода CO_2 герметизируется.

Ферментация опытных образцов табака проводили при обычном $50^{\circ}C$ температурном режиме. Для этой цели использовали специальную камеру, позволяющую варьировать режимы ферментации в широком диапазоне. Схематически такая камера изображена на рис. 12.

Установка работает следующим образом: табачную смесь помещали в фермкамеру (1), плотно герметизировали и проводили обогрев табака путем рециркуляции воздуха (3) с помощью воздухоподогревателя (5). Температурный режим поддерживали на заданном уровне с помощью системы автоматики.

В качестве контроля использовали табак, который проходил без упаковки в пленку обычную $50^{\circ}C$ – ную ферментацию. Пробы высушенного табака, оставшиеся после определения влажности, измельчали и использовали для спектрофотометрических анализов и определения КП. Каждый анализ проводили в трехкратной повторности. Результаты выполненных анализов представлены в табл. 10.

Анализ данных, приведенных в табл.10, показывает, что при анаэробных условиях в атмосфере CO_2 практически все образцы оказались сферментированными. Исключение составил лишь образец «е» (рис. 13), для которого, хотя и применялась при ферментации достаточно высокая температура $70^{\circ}C$, однако продолжительность процесса была явно недостаточной (4 суток). Как и следовало ожидать, при ферментации в анаэробных условиях резко сокращаются потери сухого вещества – в 2-3 и более раза.

8.2. Ферментация в условиях вакуума

Для более полного изучения особенностей ферментации в условиях вакуума были проведены эксперименты, моделирующие процесс ферментации. Организация эксперимента была такой же, как и при ферментации в стаканчиках в атмосфере CO_2 . Разница заключалась лишь только в том, что после закрытия стаканчика крышкой один из кранов открывали, трубку подсоединяли к вакуумному насосу и создавали разряжение около 0,5кПа, после чего кран закрывали.

Результаты опытов по качеству ферментированности представлены в табл.11.

Анализ полученных результатов путем сопоставления данных по кислородному показателю и спектрофотометрического анализа свидетельствуют о том, что при ферментации в вакууме практически все образцы (кроме 1) достигли степени сферментированности. Таким образом, показана принципиальная возможность ведения процесса ферментации в условиях вакуума.

8.3. Ферментация в герметической полимерной упаковке.

Для того, чтобы исключить применение CO_2 и избежать высокой плотности в случае применения вакуума, сочли целесообразным осуществлять упаковку табака в пленку, а затем ее плотно запаивать.

Также, как и в предыдущих опытах (атмосфера CO_2 и вакуум), прежде всего нами были проведены модельные исследования процесса ферментации в условиях недостатка кислорода. Использовали тот же самый образец табака (фракция 0,5-3,0мм). При проведении эксперимента в стаканчике оставалось часть воздуха над табаком, но сообщения с атмосферой не было, поскольку краны в течение всего процесса ферментации были плотно закрыты. После окончания процесса проводили те же самые определения, что и раньше.

В табл. 12 приведены данные о степени сферментированности табака. Анализ полученных результатов путем сопоставления данных по кислородному показателю и спектрофотометрического анализа свидетельствуют о том, что при ферментации в условиях недостатка кислорода практически почти все образцы оказались сферментированными. Исключение составил образец 1, да и по образцу 7 результат оказался спорным (КП несколько превысил значение 0,1). Таким образом, показана принципиальная возможность ведения процесса ферментации в условиях недостатка кислорода.

По своей направленности результаты модельных опытов отчетливо выражают тенденцию снижения потерь сухих веществ в анаэробных условиях ферментации почти в

2 и более раза. При этом за счет герметичной упаковки в пленке уровень влагосодержания не меняется, что позволяет резко снизить потери табачного сырья за счет измельчения в дальнейшем при хранении и транспортировке.

Конвективный способ нагрева табачных кип, который имеет место при заводской ферментации табака, не позволяет создавать оптимальные технологические условия по влажности внутри каждой табачной кипы. С этой точки зрения, на наш взгляд, бесспорными преимуществами обладают способы нагрева табачной кипы инфракрасным излучением или в поле СВЧ. При этом происходит равномерный прогрев всей массы кипы, в результате чего может быть исключена термодиффузия влаги изнутри кипы. Результаты экспериментов представлены в табл. 13.

Как и следовало ожидать, при ферментации табака в анаэробных условиях средняя влажность табака в кипе практически сохранялась и соответствовала влажности исходного неферментированного табака. Однако при аэробной (обычной) ферментации уровень влажности заметно (более чем на 2%) уменьшается. Эта величина зависит от свойства табака, его исходной влажности и соблюдения режимов ферментации по температуре и относительной влажности воздуха. В связи с этим, влажность сферментированного табака в аэробных условиях зачастую бывает непредсказуемой и плохо регулируемой. С технологической точки зрения, это отрицательное обстоятельство, которое характерно для условий обычной ферментации. Поэтому несомненным преимуществом обладает анаэробный способ ферментации, во время которой автоматически сохраняется тот уровень влажности, который был задан в табачном сырье, поступающем на ферментацию.

Наши последующие наблюдения за влажностью поверхностного слоя табака у кип с обычной упаковкой, показали, что несмотря на поступление влаги изнутри кипы, ее наружный слой постепенно пересыхает. Поэтому при транспортировке или закладке кип табак на поверхности легко измельчается. И совершенно другой эффект проявляется у кип с герметичной полимерной упаковкой. За счет термодиффузии влаги в первые дни после ферментации на внутренней поверхности пленки собирается водная роса, которая повышает существенно влажность у очень тонкого (2-3 мм) периферийного слоя табака. Это резко снижает возможность измельчения табака при его хранении и последующих транспортных операциях. В дальнейшем (через 23-30 дней) влажность в кипе полностью выравнивается, что никогда не наблюдается в кипах с обычной упаковкой.

Вышеизложенное подтверждает проведенный нами дополнительный опыт, который заключается в следующем: 1 кг табачного сырья разделяли на 2 части и после определения влажности и КП одну из них герметично упаковывали в пленку, вторую –

обычным способом. После окончания ферментации в обоих образцах определяли влажность и КП (табл. 14). Эти данные показывают, что в герметичной упаковке влагосодержание табачного сырья остается стабильным. Как видим, обычная кипа основательно подсыхала и приобрела критическую влажность, при которой возможно будет происходить очень сильное измельчение. Надо полагать, что в этом случае получается недоферментированный табак. Но совершенно другое состояние в случае упаковки в полимерную пленку, где удалось довести сырье до кондиции сферментированности.

9. Эксперименты на суррогирование табака

В качестве объекта исследования были использованы дикорастущие растения: зарази́ха табачная (*Orobanche L.*), очиток кавказский (*Sedum caucasicum L.*) и очиток едкий (*Sedum acre L.*).

Выбор представленных растений был определен данными Тибетской медицины об их широком использовании в качестве курительного средства. При этом, эти растения широко распространены в Грузии и их промышленная заготовка вполне осуществима.

При проведении экспериментов изучали предложенные растения на содержание алкалоида никотина, для чего использовали разработанный нами метод идентификации никотина. Для этого сначала подготавливали анализируемое сырье путем высушивания в сушильном шкафу при температуре $50-60^{\circ}\text{C}$, приблизительно до $18\pm 0,5\%$ остаточной влажности. Из обработанного таким образом сырья отбирали 1 г навески, которую помещали в колбу Эрленмейера вместимостью 200 мл, добавляли 0,5 мл *NaOH* и 0,5 мл *NaCl* 50 мл воды и 0,5 мл 5% -ую фосфорно-вольфрамовой кислоты. Колбу ставили на водяную баню и нагревали в течение 5 мин., размешивали, добавляли реактив из предварительно растворенного в 100 мл воды 1,4 г *AgCl* и 5г *KI* и по цвету окрашивания полученного раствора устанавливали наличие никотина в сырье. Результаты идентификации представлены в табл. 15.

На основе проведенных анализов можно заключить, что реакции идентифицирования на никотин в заразах и очитке едком указывают на наличие этого вещества, а в очитке кавказском сделать какой-либонибудь определенный вывод, на данном этапе, невозможно.

На последующем этапе экспериментов были проведены серии опытов по изучению влияния добавок суррогат-компонентов на качество смеси и установлению их оптимальных доз. Опыты проводили в следующей последовательности: листья сферментированного табака делили по образцам, 0,5 кг каждый. Параллельно брали

суррогат - растений, которые сушили в сушильном шкафу при 60⁰C температуре до остаточной влажности 18%. Высушенное сырье измельчали в мясорубке типа «куттер» до размеров частиц не более 3 мм. Приготовленное таким образом суррогат –сырье добавляли к табаку в различных дозах и исследовали органолептические и физико-химические характеристики полученных смесей. В качестве контроля был взят образец табака без добавки. Результаты проведенных опытов даны в табл. 16. Данные опытов показывают, что использование суррогат-растений в определенных дозах не ухудшают качественные показатели табака: по сравнению с контролем имеет место, уменьшение содержания никотина приблизительно в пределах доз добавок. Кроме того отмечается снижение КП до технологической нормы при заметном улучшении аромата и вкуса смесей. Несмотря на полученные положительные результаты, мы пока не можем обсуждать позитивную сторону этого мероприятия, так как сделать подобное заявление возможно лишь после широких и глубоких биофармакологических и физиологических выводов.

На основе полученных данных разработана технологическая схема производства табачного продукта с применением добавки суррогат-растений (рис. 14).

10. Технико - экономическое обоснование

От практической реализации результатов, полученных при проведении данной работы, ожидаемый экономический эффект составил 26,32 тыс. лари в год.

Основные выводы

1. Показано, что в период доферментационного хранения табачного сырья в нем протекают процессы «естественной» ферментации, сопровождаемые значительным снижением уровня КП в (в 2-3 раза) по сравнению с исходным приводящие на базе этого предложено сокращение продолжительности 2-й фазы ферментации на 25%.

2. Установлены режимы ферментации табачного сырья и спектрофотометрические характеристики состава и свойств в ультрафиолетовой среде. Установлена зависимость при неизменных температурно-влажностных режимах 1-ой, 2-ой и 3-ей фаз ферментации, между величиной кислородного показателя (КП), свойствами ферментируемого табачного сырья $S_{нф}$ и продолжительностью второй фазы ферментации τ_2 :

$$KП = 5.8648 - 0,0199\tau_2 - 1,42523T_{210} + 1,15145T_{215} - 0,74894T_{280} + 4,58667T_{295} - 3,65764T_{300} - 0,29422T_{345}$$

3. Показано, что во время 3-ей фазы ферментации происходит снижение уровня кислородного показателя в пределах от 0,0351 до 0,0649, что дает возможность осуществлять оптимальное управление ферментационным процессом.

4. Установлено, что во время послеферментационного хранения неферментированного табачного сырья происходит закономерное снижение кислородного показателя. Показано, что время достижения $KП \leq 0,1$ варьирует в пределах 6-15 месяцев, что можно использовать для интенсификации традиционных процессов заводской ферментации.

5. Показано, что табачное сырье после длительного процесса «старения» меняет основные показатели качества: имеют место улучшение курительных свойств и горючести и снижение содержания токсичных веществ дыма. В тоже время несколько ухудшаются объемно-упругие свойства, в корне снижается уровень равновесной влажности. Показано, что предельные значения продолжительности «старения» не должны превышать полуторолетний срок.

6. Показано, что применяемая в настоящее время на ферментационных заводах система химико-технологического контроля несовершенна и субъективна, что не дает возможность определения всех основных показателей качества табачного сырья. Продолжен спектрофотометрический ультрафиолетовый метод анализа, который обеспечивает повышение производительности труда в 25 раз, высокую точность анализа и возможность воздействия и управления качеством табачного сырья.

7. Показано, что процесс обычной заводской ферментации, осуществляемый в аэробных условиях, с точки зрения возможной интенсификации и улучшения качества, неприемлем: его сопровождают значительные потери сухого вещества, окислительные реакции отрицательно отражающиеся на курительных свойствах и накопление в дыме токсичных веществ различные технические сложности и т.д.

8. Рассмотрено неоспоримое преимущество осуществления анаэробных ферментаций. Изучены изменения происходящие в табаке в анаэробных условиях и показано значительное торможение уровней окислительных процессов, и, как следствие, резкое снижение потерь сухих веществ. В анаэробных условиях становится возможным как регулирование температурного воздействия на процесс, так и сокращение энергозатрат и осуществление других положительных технологических факторов.

9. Показано, что среди различных способов осуществления анаэробных ферментаций преимущество имеет способ ферментации табака в герметично упакованного в полимерную пленку: процесс ферментации сводится только к разогреву до заданной температуры (приблизительно $70^{\circ}C$), после чего происходит самоохладение кипы. Процесс характеризуется простотой и экономичностью.

10. Проведены опыты и показано, что ферментация табака в условиях недостатка кислорода дает возможность снизить потери сухих веществ в 2 раза и более. При этом

качественные показатели табака, полученные анаэробной ферментацией, не уступают табаку аэробной ферментации, а по ряду показателей и превосходят его.

11. Проведены исследования по получению суррогата табака и выявлены перспективные растения: заразиха (*Orobanchе L.*), очиток кавказский (*Sedum caucasicum L.*) и очиток едкий (*Sedum acre L.*).

12. Разработан метод идентификации никотина в нетрадиционном растительном сырье, предусматривающий обработку анализируемого сырья смесью щелочи натрия и натрия хлорида, фосфоро-вольфрамовой кислотой, разогрев на водяной бане, добавление раствора серебристого хлора и йодада калия для получения стабильной красной окраски. Испытанием указанного метода в заразихе и очитке едком идентифицировано наличие никотина.

13. Разработан способ производства табачного продукта, предусматривающий подсушку суррогат-добавок (заразиха, очиток кавказский, очиток едкий) приблизительно до 18% влажности, измельчение и смешивание с сферментированным табачным листом в количестве 5-15%.

14. В результате внедрения разработанных вопросов ожидаемый экономический эффект составил 26,23 тыс. лари в год.

Рекомендации производству

1. Интенсификация второй фазы ферментации производства табака в ферментационной установке путем сокращения длительности процесса на 25%.

2. Спектрофотометрический метод исследования состава и свойств табачного сырья.

3. Оптимальные параметры доферментационного хранения неферментированного табачного сырья и «старения» сферментированного табака.

4. Проведение ферментации табака в анаэробных условиях.

5. Суррогатирование табака с использованием местного, нетрадиционного растительного сырья.

6. Метод идентификации никотина в нетрадиционном растительном сырье.

7. Технологическая схема производства низконикотинового табачного продукта.