



V КОНГРЕСС
«Наука, питание и здоровье»



РЕЗУЛЬТАТЫ АТТЕСТАЦИИ МЕТОДА ПРЯМОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ ТОКСИЧНЫХ МИКРОПРИМЕСЕЙ В АЛКОГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Докладчик: Черепица Сергей Вячеславович^{1,2}, канд. физ.-мат. наук, доцент;

Соавторы: С.Н. Сытова¹, канд. физ.-мат. наук, доцент; Е.И. Коваленко², канд. биол. наук, доцент;
А.Н. Коваленко^{1,2}; Н.И. Заяц³, канд. техн. наук, доцент; О.Н. Шелудько⁴, доктор техн. наук, доцент;
Ю.Ф. Якуба⁴, доктор хим. наук, доцент; Л.Э. Чемисова⁴, канд. техн. наук,

¹НИУИ ЯП Белорусского государственного университета, г. Минск, Беларусь;

²ООО «Новые аналитические системы», г. Минск, Беларусь;

³Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь;

⁴ФБГНУ «Северо-Кавказский ФНЦ садоводства, виноградарства, виноделия», г. Краснодар, Россия

г. Минск, 26-27 июня 2025 г.

Актуальность

- Летучие соединения, включая альдегиды, эфиры, спирты, вносят значительный вклад во вкус, аромат и общий сенсорный профиль алкогольных напитков, но в высоких концентрациях являются токсичными.
- Точное определение летучих микропримесей в алкогольной продукции проводится с применением газохроматографических методов и имеет важное значение для обеспечения качества продукции, соответствия нормативным стандартам и безопасности потребителей.



Для минимизации потенциальных источников ошибок и упрощения процесса количественного анализа предложен метод с использованием **этанол**, содержащегося в анализируемых образцах, в качестве **внутреннего стандарта**

S.V. Charapitsa, S.N. Sytova, A.L. Korban, L.N. Sobolenko, J. AOAC Int., 102, 669-672 (2019)

Цель исследования

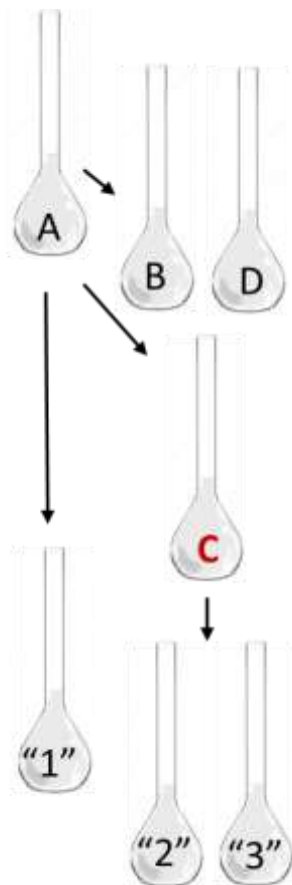
1. Установление метрологических характеристик предложенного модифицированного метода внутреннего стандарта (ММВС) и их сравнение с параметрами действующих ТНПА
2. Тестирование ММВС на ряде образцов алкогольной продукции для оценки его эффективности в различных матрицах

Приготовление стандартных водно-спиртовых растворов (ВСП)

Компоненты

- ацетальдегид
- метилацетат
- этилацетат
- метанол
- пропан-2-ол
- пропан-1-ол
- изобутанол
- бутан-1-ол
- изоамилол
- этанол
- деиониз.вода

Гравиметрический метод



1 раствор «С» - для установления градуировочных коэффициентов RRF

Летучий компонент	Стандартные растворы (водно-спиртовые смеси ВСП)						
	A 4000-6000	B 400-600	C 240-300	D 180-220	“1” 25,0-40,0	“2” 10,0-25,0	“3” 2,00-5,00
Ацетальдегид	4969 ± 20	499 ± 2	256 ± 1	203 ± 0,7	27,5 ± 0,10	13,4 ± 0,05	5,23 ± 0,04
Метилацетат	5073 ± 17	506 ± 2	258 ± 1	205 ± 0,6	24,9 ± 0,08	10,5 ± 0,03	2,09 ± 0,01
Этилацетат	5052 ± 17	504 ± 2	257 ± 1	204 ± 0,6	24,8 ± 0,08	10,4 ± 0,03	2,08 ± 0,01
Метанол	5074 ± 17	519 ± 2	272 ± 1	218 ± 0,6	39,1 ± 0,19	24,7 ± 0,16	16,4 ± 0,17
Пропан-2-ол	5072 ± 17	508 ± 2	260 ± 1	207 ± 0,6	27,0 ± 0,08	12,6 ± 0,04	4,24 ± 0,03
Пропан-1-ол	5163 ± 17	515 ± 2	263 ± 1	208 ± 0,6	25,3 ± 0,08	10,7 ± 0,03	2,13 ± 0,01
2-Метилпропан-1-ол (изобутанол)	5059 ± 19	505 ± 2	257 ± 1	204 ± 0,7	24,8 ± 0,09	10,5 ± 0,04	2,08 ± 0,01
Бутан-1-ол	5063 ± 17	505 ± 2	258 ± 1	204 ± 0,6	24,8 ± 0,08	10,5 ± 0,03	2,09 ± 0,01
3-Метилбутан-1-ол (изоамилол)	5203 ± 19	519 ± 2	265 ± 1	210 ± 0,7	25,5 ± 0,09	10,7 ± 0,03	2,14 ± 0,01

Крепость ВСП:

40 % об.

от 10 % об. до 96 % об.



6 растворов «3», «2», «1», «D», «B», «A» - для проверки линейности отклика детектора, оценки коэффициентов R^2

Образцы алкогольных напитков



Крепость

Виски (43 % об.)



Скотч (40 % об.)



Бурбон (40 % об.)



Бренди (40 % об.)



Кальвадос (40 % об.)



Крепость

Ром (40 % об.)



Джин (47 % об.)



Текилла (38 % об.)



Граппа (40 % об.)



Ракия (40 % об.)



Крепость

Водка (40 % об.)



*Спирт этиловый
ректификованный (40 % об.)*



Саке (14.5 % об.)



*Дистилляты, полученные при
перегонке вин (9-13 % об.)*



*Дистиллят, полученный при
перегонке ликера (18 % об.).*

Одноуровневая калибровка с внутренним стандартом - этанолом

Калибровочный раствор ВСР-С

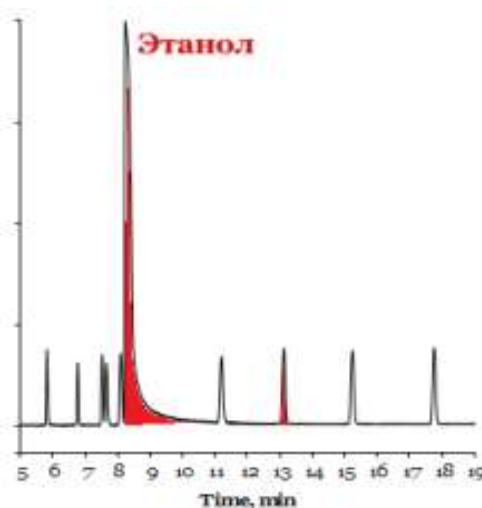


Аттестованные
(сертифицированные,
известные) значения
концентрации C ,
в мг/л АА



3 измерения
в условиях
повторяемости

Расчет относительного фактора отклика $RRF^{\text{этанол}}$



Калибровка по ВСР-С с использованием
внутреннего стандарта этанола

$$RRF^{\text{этанол}} = \left(\frac{C}{\rho_{\text{этанола}}} \right) / \left(\frac{A}{A_{\text{этанол}}} \right)$$

$\rho_{\text{этанола}} = 789270 \text{ мг/л}$

$$RRF_i^{\text{этанол}} = \frac{C_{i,\text{калибр}}^{\text{серт}} \cdot \sum_{k=1}^M \left(A_{i,\text{калибр},k} / A_{\text{этанол},\text{калибр},k} \right)}{\rho_{\text{этанол}} \cdot \sum_{k=1}^M \left(A_{i,\text{калибр},k} / A_{\text{этанол},\text{калибр},k} \right)^2}$$

для M измерений ВСР-С (1)

где $A_{i,\text{калибр},k}$ — величина отклика детектора на i -й летучий компонент, в единицах площади пика,
 $A_{\text{этанол},\text{калибр},k}$ — величина отклика детектора на этанол, в единицах площади пика, при k -ом измерении,
 $C_{i,\text{калибр}}^{\text{серт}}$ — сертифицированные (приписанные) значения концентрации i -го компонента в ВСР-С, в мг/л АА

Проверка линейности отклика детектора

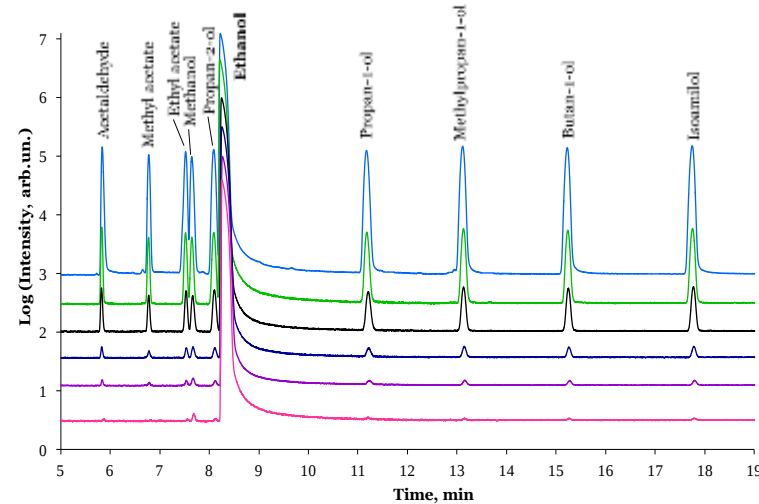
Стандартные ВСР



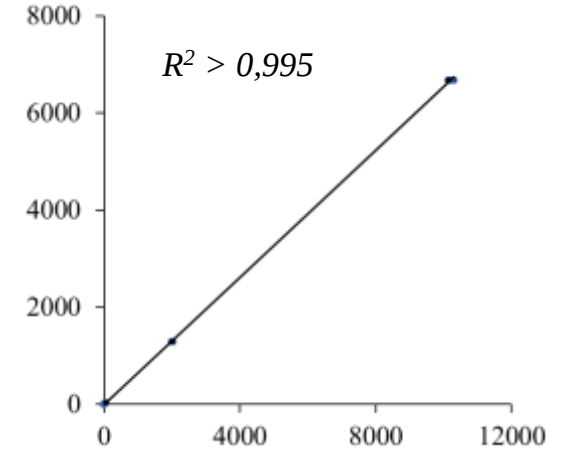
Аттестованные
(сертифицированные,
известные) значения
концентрации C ,
в мг/л АА
6 уровней
концентрации
от 2-5 мг/л АА
до 4000-6000 мг/л АА



Определение значений параметра линейности –коэффициента детерминации R^2



$$\frac{C_{i,k}}{\rho_{\text{этанол}}} \times 10^6$$



$$R_i^2 = 1 - \frac{\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^M \left(\left(A_{i,j,k} / A_{\text{этанол},j,k} \right) - RRF_i^{\text{этанол}} \cdot \left(C_{i,j}^{\text{аттест}} / \rho_{\text{этанол}} \right) \right)^2}{\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^M \left(\left(A_{i,j,k} / A_{\text{этанол},j,k} \right) - \frac{1}{N \cdot M} \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^M \left(A_{i,j,k} / A_{\text{этанол},j,k} \right) \right)^2}$$

для M измерений
для N уровней

$A_{i,j,k}$ – величина отклика детектора на i -й летучий компонент в j -м растворе при k -ом измерении;
 $A_{\text{этанол},j,k}$ – величина отклика детектора на этанол в j -м растворе при k -ом измерении;
 $C_{i,j}^{\text{аттест}}$ – сертифицированные (приписанные) значения концентрации i -го компонента в j -м растворе

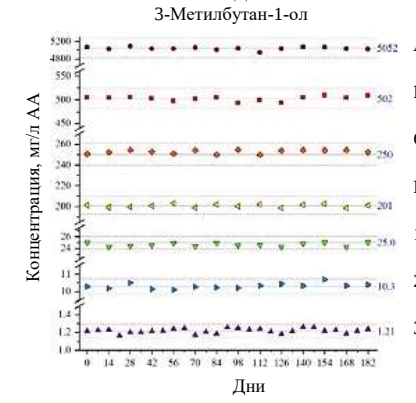
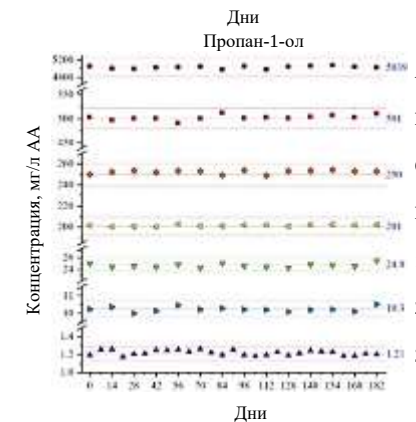
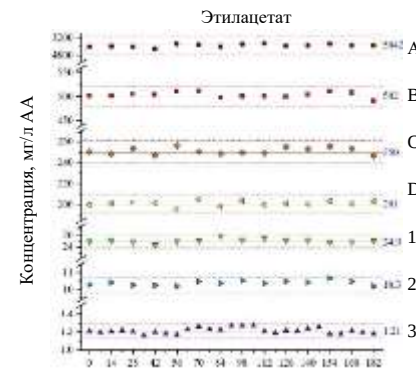
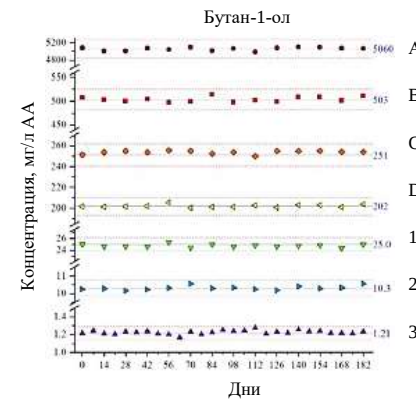
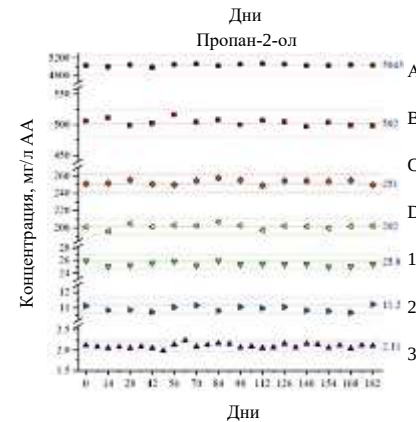
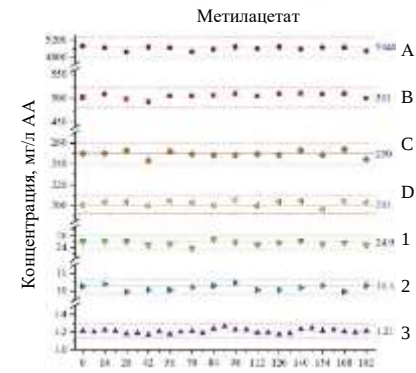
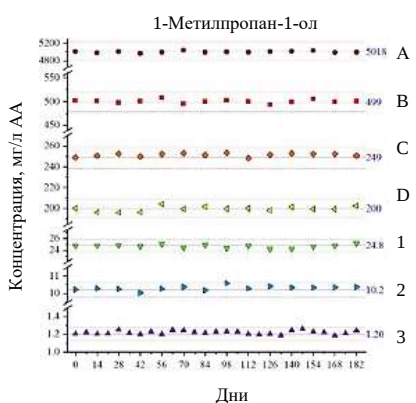
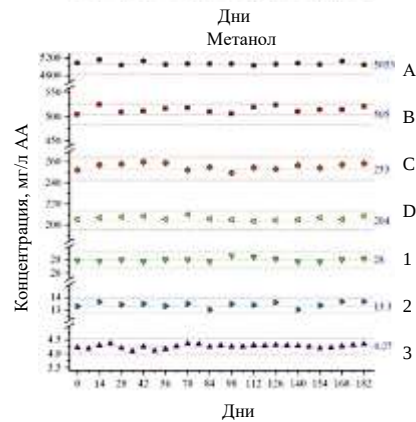
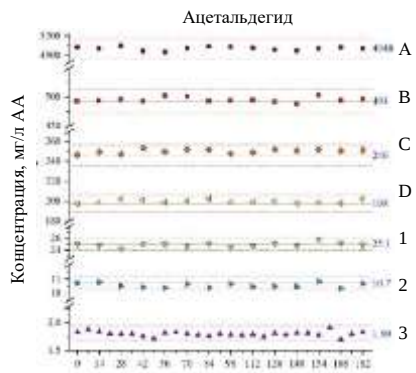
Результаты калибровки, оценки линейности отклика детектора, проверки стабильности

Относительный коэффициент
фактор отклика детерминации



Летучий компонент	$RRF_{\text{этанол}}$	R^2
Ацетальдегид	1,257	0,9994
Метилацетат	1,556	0,9997
Этилацетат	1,070	0,9994
Метанол	1,252	0,9995
Пропан-2-ол	0,803	0,9994
Пропан-1-ол	0,681	0,9992
Изобутанол	0,571	0,9992
Бутан-1-ол	0,617	0,9991
Изоамилол	0,564	0,9996

Измеренные значения концентрации
компонентов в ВСР в различные дни
в течение 6 месяцев



Формулы и критерии, использованные при определении метрологических параметров

- Проведены внутрилабораторные исследования в условиях промежуточной прецизионности с изменяющимися факторами «время + оператор» (I(TO)).
- Для результатов измерений, полученных в условиях повторяемости (по 2 измерения) и промежуточной прецизионности (15 пар измерений), проводили проверку на приемлемость в соответствии с требованиями серии стандартов СТБ ИСО 5725-2 и Еврахим.
- Все полученные данные проверялись на выбросы по критериям Кохрена и Граббса.

**Измеренные значения
концентрации:**

$$C_i^{изм} [\text{мг/л АА}] = RRF_i^{\text{этанол}} \cdot \rho_{\text{этанол}} \cdot (A_i / A_{\text{этанол}}) \quad (2)$$

**Оценка приемлемости
в условиях повторяемости:**

$$|C_{i,1}^{изм} - C_{i,2}^{изм}| / \bar{C}_i^{изм} \cdot 100\% \leq r_i \quad \Rightarrow \quad \bar{C}_i^{изм} - \text{среднее в условиях повторяемости} \quad (3)$$

**Оценка приемлемости
в условиях промежуточной
прецизионности:**

$$|\bar{C}_{i,1}^{изм} - \bar{C}_{i,2}^{изм}| / \bar{\bar{C}}_i^{изм} \cdot 100\% \leq (CD_{0,95})_i = \sqrt{(R_{I(TO)i}^2) - r_i^2} / 2 \quad \Rightarrow \quad \bar{\bar{C}}_i^{изм} - \text{результат} \quad (4)$$

Оценка правильности:

$$|\bar{\bar{C}}_i^{изм} - C_i^{серт}| / C_i^{серт} \cdot 100\% \leq \alpha_i = 2 \cdot \sqrt{s_{I(TO)i}^2 - s_{r_i}^2} / 2 \quad (5)$$

Относительное СКО повторяемости: s_r , предел повторяемости: $r = 2,8 \cdot s_r$

Относительное СКО промежуточной прецизионности: $s_{I(TO)}$, предел пр.прецизионности: $R_{I(TO)} = 2,8 \cdot s_{I(TO)}$



Результаты: диапазоны измерений концентрации летучих компонентов, значения s_r , $s_{I(ТО)}$, r , $R_{I(ТО)}$, $U\%$, $CD_{0,95}$ и α , полученные при измерениях ВСР

Компонент	$C_{изм}$, мг/л АА	s_r , %	$s_{I(ТО)}$, %	r , %	$R_{I(ТО)}$, %	U , %	$CD_{0,95}$, %	α , %
Ацетальдегид	5,28 - 13,5	3,5	4,0	10	11	13	8,7	6,3
	13,5* - 4969	2,5	3,0	7	9	8,4	6,7	4,8
Метилацетат	2,09 - 10,5	5,0	6,0	14	17	16	13,4	9,7
	10,5* - 5073	2,5	3,0	7	9	8,3	6,7	4,8
Этилацетат	2,08 - 10,4	5,0	6,0	14	17	16	13,4	9,7
	10,4* - 5052	2,5	3,0	7	9	8,3	6,7	4,8
Метанол	16,4 - 24,8	2,0	2,5	6	7	10	5,7	4,1
	24,8* - 5074	1,5	2,0	4	6	7,4	4,7	3,4
Пропан-2-ол	4,21 - 12,6	3,5	4,0	10	11	12	8,7	6,3
	12,6* - 5072	2,0	2,5	6	7	7,5	5,7	4,1
Пропан-1-ол	2,13 - 10,7	5,0	6,0	14	17	16	13,4	9,7
	10,7* - 5163	2,5	3,0	7	9	8,2	6,7	4,8
Изобутанол	2,08 - 10,5	5,0	5,5	14	16	15	11,7	8,4
	10,5* - 5059	2,5	3,0	7	9	8	6,7	4,8
Бутан-1-ол	2,09 - 10,5	6,5	7,0	18	20	18	14,6	10,6
	10,5* - 5063	2,5	3,0	7	9	8	6,7	4,8
Изоамилол	2,14 - 10,7	5,0	5,5	14	15	15	11,7	8,4
	10,7* - 5203	2,5	3,0	7	9	8	6,7	4,8

*- не включая

ЗАКЛЮЧЕНИЕ № 28/2024 от 18.12.2024 г.
о соответствии / несоответствии методики (метода) измерений установленным
метрологическим требованиям к измерениям

Методика (метод) измерений регламентирована в документе «Методика измерений массовой концентрации альдегидов, сложных эфиров, метилового спирта и высших спиртов в спиртосодержащей продукции методом газовой хроматографии».

разработана Федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (ФГБУН СКФНЦСВ) (350901), Российской Федерации, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, д. 39) и Научно-исследовательским учреждением «Институт жарных проблем» Белорусского государственного университета (НИИ ЯП БГУ) (220006, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Бобруйская, 11).

Аттестация проведена на основании Договора № 03.08.03-327/2024у от 04.09.2024 г. с Федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (ФГБНУ СКФНЦСВВ).

Материалы, представленные на аттестацию

- Проект документа «Методика измерений массовой концентрации альдегидов, сложных эфиров, метилового спирта и высших спиртов в спиртосодержащей продукции методом газовой хроматографии» на 36 л. в электронной форме;

- Отчет о проведении экспериментальных исследований показателей точности методики измерений «Методика измерений массовой концентрации альдегидов, сложных эфиров, метилового спирта и высших спиртов в спиртосодержащей продукции методом газовой хроматографии», на К1 д. в электронной форме;

- Исходные данные (свидетельства о поверке средств измерений, паспорта на стандартные образцы и реактивы) в электронной форме.

Методика измерений, изложенная в документе ФИФУ СФЭНЦИСН «Методика измерений массовой концентрации алкилгенов, сложных эфиров, метилового спирта и высших спиртов в спиртосодержащей продукции методом газовой хроматографии» регламентирует измерения массовой концентрации алкилгенов (этанол (этанальдегид)), сложных эфиров (метилэтановая (метилацетат), этилэтановая (этилацетат)), метанола (метилового спирта) и высших спиртов (пропан-2-ол (втор-пропилового спирта), пропан-1-ол (н-пропилового спирта), 2-метилпропан-1-ол (изопропилового спирта), бутан-1-ол (н-бутилового спирта), 3-метилбутан-1-ол (изометилового спирта) в спирте укупорочном из пищевого сырья, алкогольной продукции, спиртных и слабоалкогольных

руемых летучих компонентов приведен
концентрации летучих компонентов и

интервал массовой концентрации летучести
бензина, мг/м³ безводного воздуха

в приложениях специалистами научных и других лабораторий.

результатов измерений с показателями приведенных в таблице 2.

Температура, °С	Плотности измерений	
	Стандартное отклонение воспроизводимости σ_p , %	Относительная расширенная неопределенность (при $k = 2$, $P=0,95$) E , %
4,0	13	
3,0	8,4	
6,0	16	
3,0	8,3	
6,0	16	
3,0	8,3	
3,3	10	
3,0	7,4	
4,0	12	
2,5	7,5	
6,0	16	
3,0	8,3	
3,5	15	
3,0	8,0	
7,0	18	
3,0	8,0	
5,5	15	
3,0	8,0	

ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND WATER QUALITY

9. 10. 11.

2007

Бюджет неопределенно и непрерывно изменяется в таблице 3.

[illegible]

экспроприации приведены в
ление пределов повторности и

[illegible]

ованиям Приказа Министерства 1091 «Об утверждении Порядка измерений, референтных методик и приспособлений» и ГОСТ Р 8.563-измерений. Методики (методы)

Документ, устанавливающий требования Исходные данные на разработку и отточенный методик МН 1967-89 Рекомендации. ГСН. Выбор методов и средств измерений при разработке методики измерения. Общие положения Р 50.2.090-2013 ГСН. Методик количественного химического анализа. Общие требования	Исходные данные на разработку и отточенный методик МН 1967-89 Рекомендации. ГСН. Выбор методов и средств измерений при разработке методики измерения. Общие положения Р 50.2.090-2013 ГСН. Методик количественного химического анализа. Общие требования
--	---

4.00 T

4447

ЗАКЛЮЧЕНИЕ № 28/2024 от 18.12.2024 г
О соответствии / несоответствии методики (метода) измерений установленным
метрологическим требованиям к измерениям

Документ, устанавливающий требования	разработано	аттестацию	н
Исходные данные на разработку и аттестацию методики.			
Эксплуатационные документы на используемые средства измерений			
Требования к показателям точности измерений для разрабатываемой методики не установлены, вследствие этого показатели точности методики измерений были установлены на основе экспериментального исследования.			
ГОСТ 34100.3-2017			
Неопределенность измерения			
Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения.			
РМГ 61-2010 Государственная система обеспечения единства измерений. Показатели точности, правильности, предельности, методики количественного химического анализа. Методы оценки			
Эксплуатационные документы на используемые средства измерений, действующие свидетельства о поверке средств измерений, паспорта на стандартные образцы			
Постановление Правительства Российской Федерации № 879 от 31 октября 2009 года «Об утверждении Положения об единицах измерения, допускаемых к применению в Российской Федерации»			
ГОСТ 8.417-2024 Государственная система обеспечения единства			

Документ, устанавливающий требования	(ГСН)	Единица измерения
ГОСТ Р 8563-2008 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСН). Металлы (металлы)		
ГОСТ 6687-0-86 Продукция биологической промышленности. Правила приемки и методы отбора проб		
ГОСТ 28539-90 Соки плодово-ягодные спиртованные. Технические условия		
ГОСТ 31730-2012 Продукция виноделия. Правила приемки и методы отбора проб		
ГОСТ 32035-2013 Водки и водки особые. Правила приемки и методы анализа		
ГОСТ 32036-2013 Спирт этиловый из пищевого сырья. Правила приемки и методы анализа		
ГОСТ 32080-2013 Неделки лаково-красочные. Правила приемки и методы анализа		
ГОСТ 34793-2021 Нанитен для биологических спиртованных. Общие технические условия		
ПМГ 96-2009 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСН). Результаты и характеристики качества измерений. Формы представления		
ГОСТ 34100.3-2017 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения		
ПМГ 29-2013 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСН). Метрология. Основные термины и определения		
ГОСТ Р 1.12-2020 Стандартизация в Российской Федерации. Термины и определения		
ПМГ 91-2019 Государственная		

Документ, устанавливающий требования	Содержание
система обеспечения единства измерений (ГСИ). Совместное использование поверенных измерительных средств и измерительных средств	использование поверенных измерительных средств
Общие принципы	
ГОСТ 8.315-2019 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Стандартные образцы и свойства веществ и материалов. Основные положения	
РМГ 76-2014 ГСИ. Измерений контроль качества результатов химического анализа	

ым государственным бюджетным
ый научный центр садоводства,
ским учреждением «Институт
университета и вложенная в
ли алкилидов, сложных эфиров,
шей продукции методом газовой
хроматоическим требованиям к
порядке.

К. А. Рыжовский

A. B. Kozobina

**Список
рассмотренной
ТНПА,
регламентов ЕС
и ЕАЭС –
в которой
регламентируются
ГХ методы
определения
летучих
компонентов
в алкогольной
и
спиртосодержащей
продукции**

**Разрабатываемый
межгосударственный**



№	Нормативный документ (ТНПА)			Название
1	ГОСТ	30536	-2013	Водка и спирт этиловый из пищевого сырья. Газохроматографический экспресс-метод определения содержания токсичных микропримесей
2	СТБ ГОСТ Р	51698	-2001	Водка и спирт этиловый. Газохроматографический экспресс-метод определения содержания токсичных микропримесей
3	ГОСТ	32039	-2013	Водка и спирт этиловый из пищевого сырья. Газохроматографический метод определения подлинности
4	ГОСТ	31684	-2012	Спирт этиловый-сырец из пищевого сырья. Газохроматографический метод определения содержания летучих органических примесей
5	ГОСТ	33834	-2016	Продукция винодельческая и сырье для ее производства. Газохроматографический метод определения массовой концентрации летучих компонентов
6	ГОСТ Р	57893	-2017	Продукты брожения и сырье для их производства. Газохроматографический метод определения массовой концентрации летучих компонентов
7	ГОСТ Р	51999	-2002	Спирт этиловый технический синтетический ректификованный и денатурированный. Технические условия
8	ГОСТ Р	55878	-2013	Спирт этиловый технический гидролизный ректификованный. Технические условия
9	ГОСТ	33408	-2015	Коньяки, дистилляты коньячные, бренди. Определение содержания альдегидов, эфиров и спиртов методом газовой хроматографии
10	ГОСТ	34675	-2020	Дистилляты зерновые и ромовые, дистиллят виски, напитки спиртные на их основе. Газохроматографический метод определения концентрации летучих компонентов
11	ГОСТ	33833	-2016	Напитки спиртные. Газохроматографический метод определения объемной доли метилового спирта
12	Регламент (ЕС): 110/2008			по вкусоароматическим добавкам и некоторым пищевым ингредиентам, обладающим ароматическими свойствами, которые используют в пищевых продуктах и на их поверхности
13	ТР ЕАЭС: 47/2018			«О безопасности алкогольной продукции»
14	ГОСТ	XXX	-2027	Определение массовой концентрации альдегидов, сложных эфиров, метилового спирта и высших спиртов в спиртосодержащей продукции методом газовой хроматографии

Метод «стандартных добавок» для оценки матричного эффекта при измерении концентрации летучих компонентов в образцах алкогольной продукции

Образцы
алкогольной продукции



без
добавки

+ добавка
(известное
количество)

Добавки летучих компонентов q :
10; 250; 1000; 5000 мг/л АА

в ВЭС с крепостью как у образца
алкогольной продукции



Расчет концентрации

$$C_{i,k}^{изм} = RRF_i^{этанол} \cdot \rho_{этанол} \cdot \frac{A_{i,k}}{A_{этанол,k}}$$

Среднее арифметическое (конечный результат):

$$\bar{C}_i^{изм} = \frac{\sum_{k=1}^M C_{i,k}^{изм}}{M} \text{ [мг/л АА]}$$

$$\Delta C_i^{изм}(q) = \bar{C}_i^{с\text{ добавкой}}(q) - \bar{C}_i^{без\text{ добавки}}$$

Оценка правильности по относительному смещению:

$$Z_i(q) = \frac{|\Delta C_i^{изм}(q) - C_i^{серт}(q)|}{C_i^{серт}(q)} \cdot 100\% \leq \alpha_i \quad (6)$$

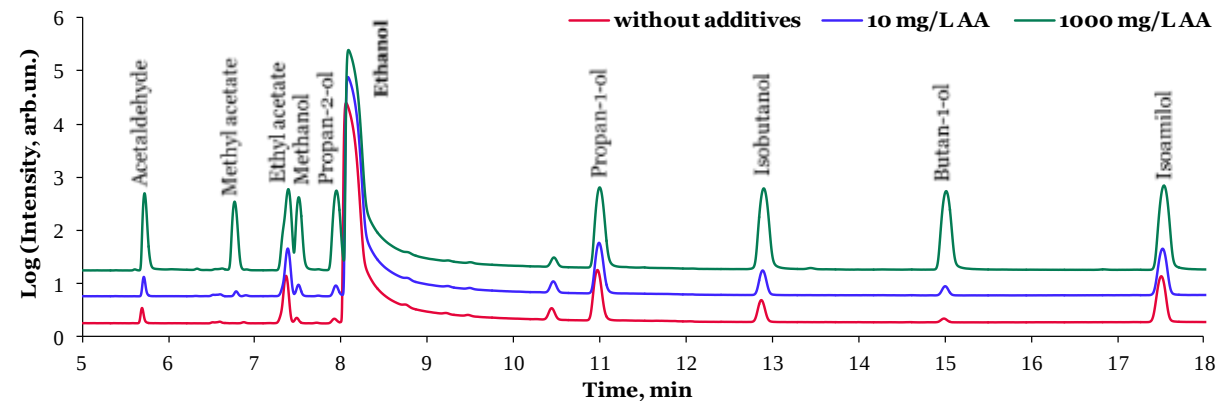
$$C_i^{серт}(q)$$

Хроматограммы образцов алкогольных напитков без и с добавками

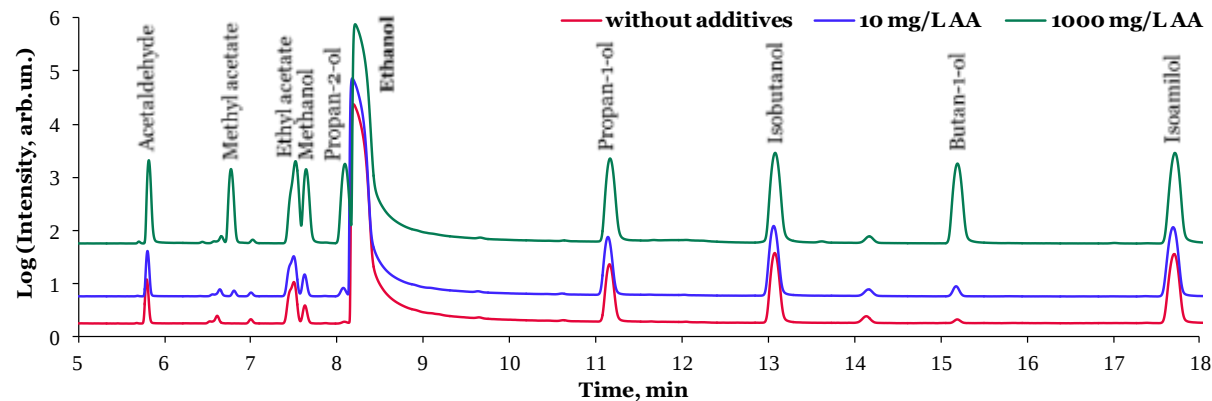
Значения концентраций i -х летучих компонентов в образце алкогольного напитка без и с добавкой q

$$C_i^{\text{с добавкой}}(q) = C_i^{\text{без добавки}} + C_i^{\text{добавки}}(q)$$

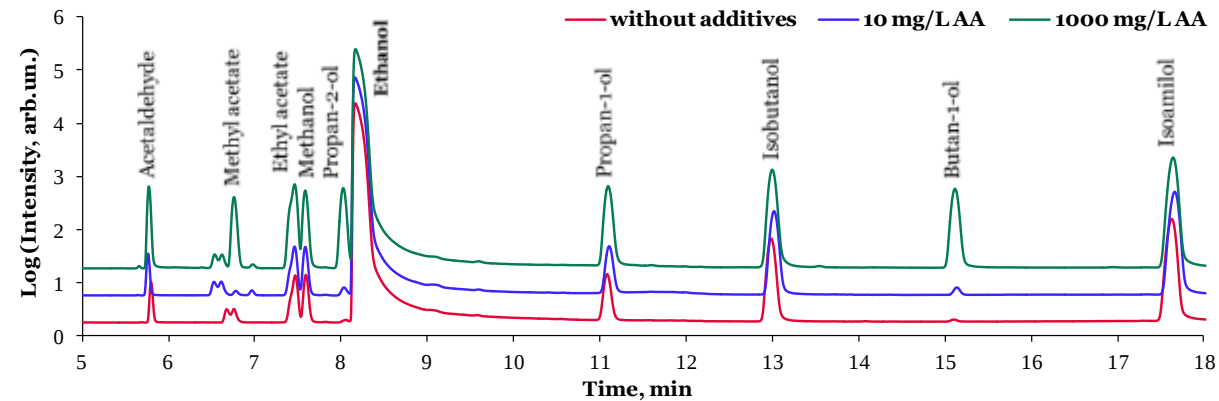
Ром



Виски

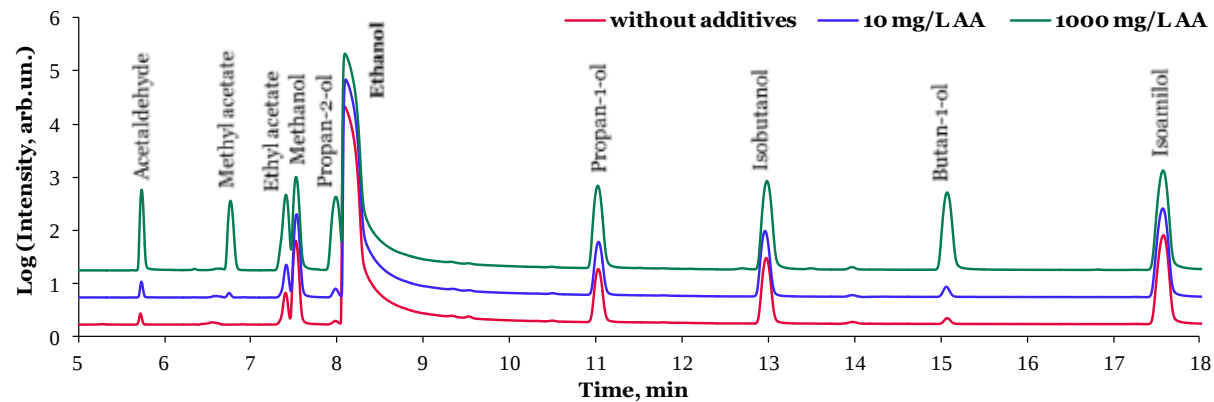


Бренди

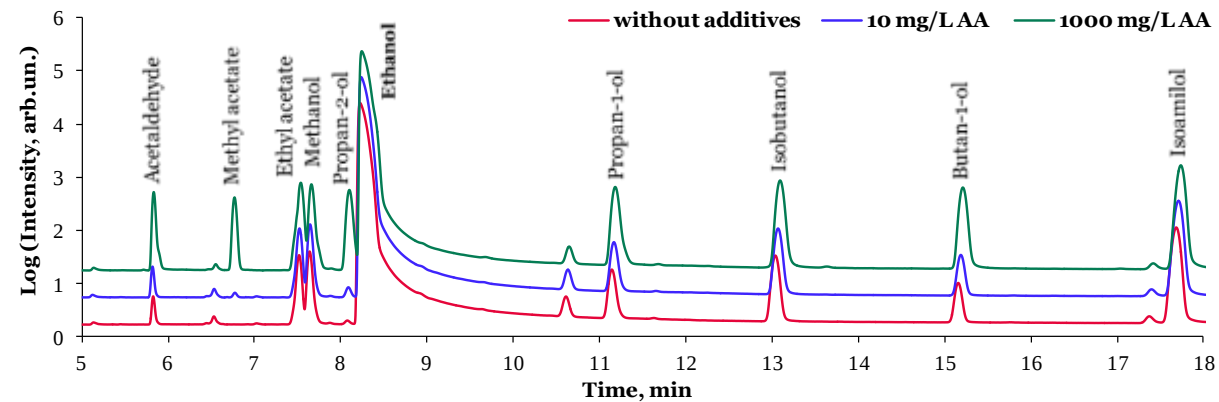


Хроматограммы образцов алкогольных напитков без и с добавками

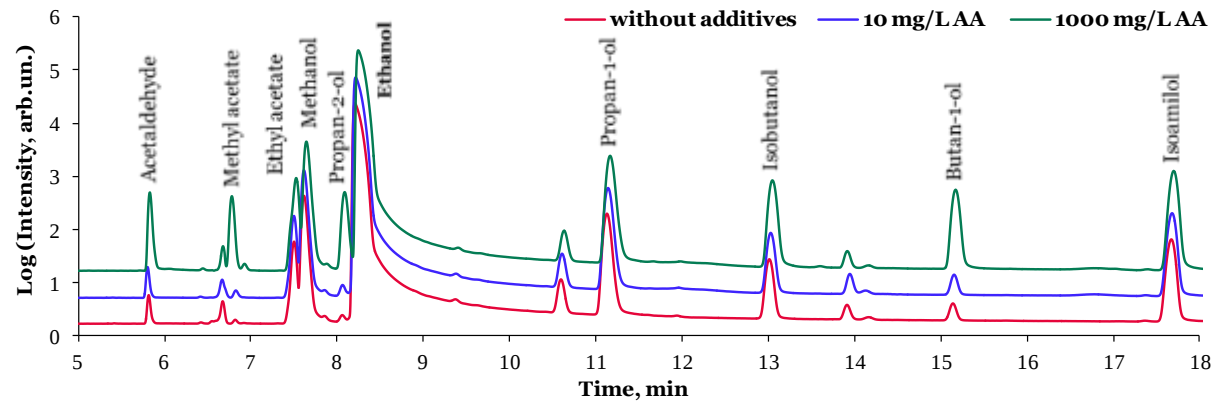
Текилла



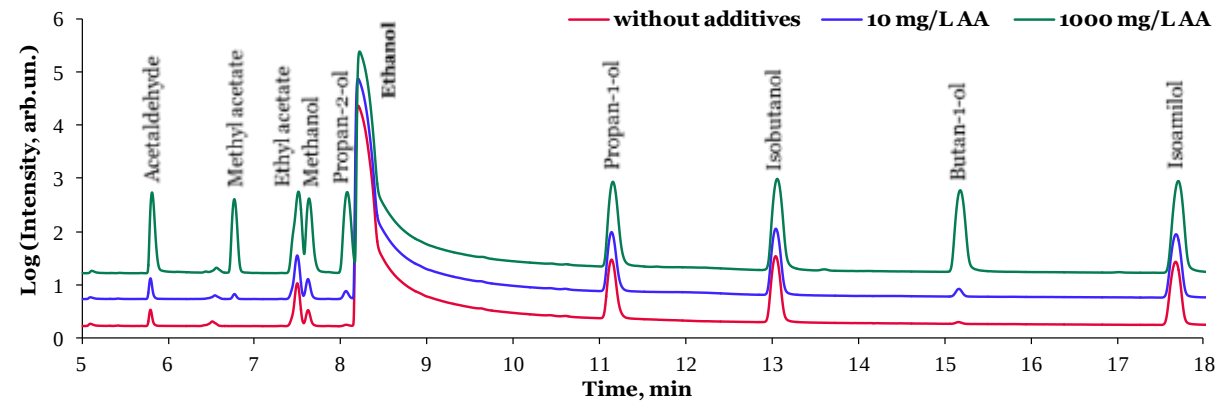
Кальвадос



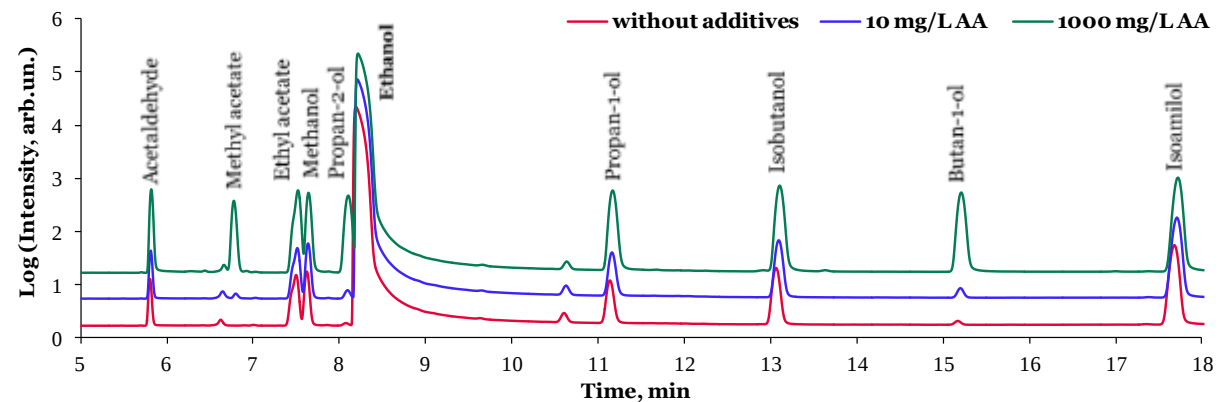
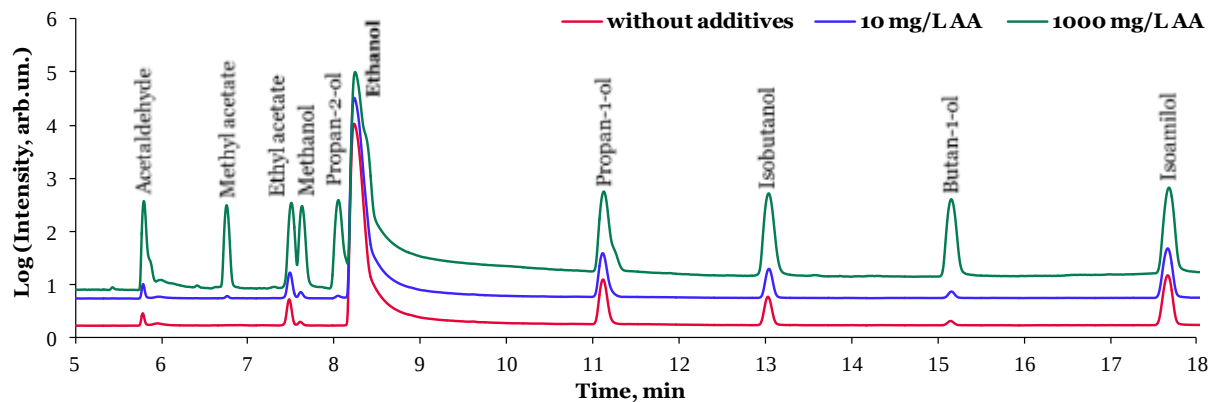
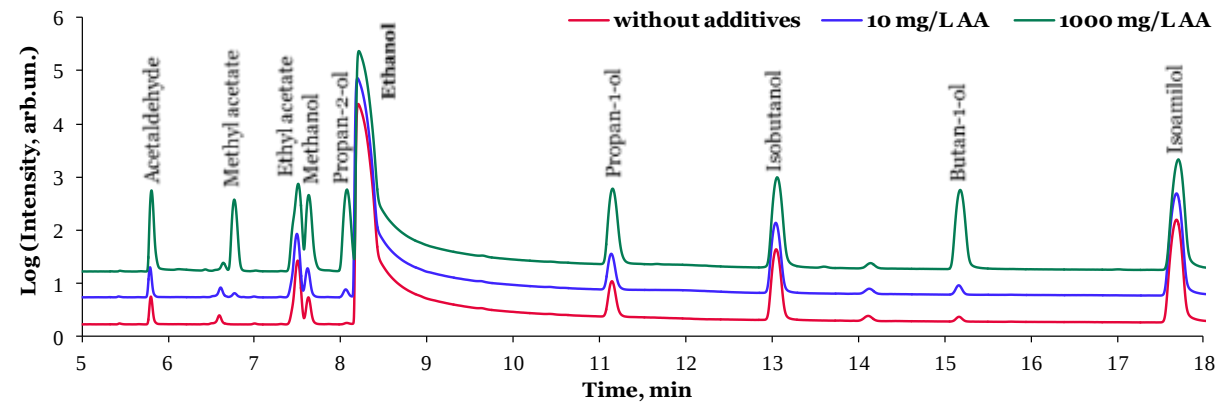
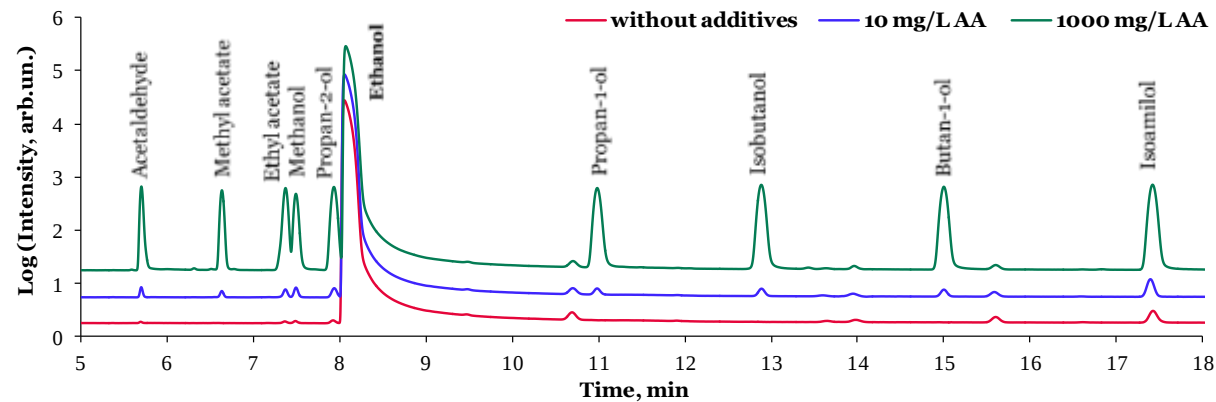
Ракия



Скотч



Хроматограммы образцов алкогольных напитков без и с добавками



Измеренные концентрации летучих соединений в исследуемых образцах, мг/л АА

Алкольный напиток	Крепость, % об.		Ацетальдегид	Метилацетат	Этилацетат	Метанол	Пропан-2-ол	Пропан-1-ол	Изобутанол	Бутан-1-ол	Изоамилол
	заявленная	измеренная									
Бурбон	40	40 ± 0,06	98,3	-	611	114	1,79	181	722	8,58	3267
Бренди	40	40 ± 0,06	160	-	354	342	4,94	262	1138	3,31	3227
Кальвадос	40	40 ± 0,06	89,4	-	631	958	5,17	335	545	166	2259
Джин	47	47 ± 0,06	2,28	-	1,71	4,36	3,71	-	-	-	10,6
Граппа	40	40 ± 0,06	221	-	452	439	2,68	209	325	5,45	1113
Ликёр	18	18 ± 0,06	23,1	-	3,04	6,88	-	1,54	-	-	50,4
Ракия	40	40 ± 0,06	107	46,8	1190	12231	11,1	4221	454	42,3	1306
Ректиф. этанол	40	40 ± 0,06	2,54	-	-	3,31	2,63	-	-	-	-
Ром	40	40 ± 0,06	34,8	-	260	13,8	7,43	327	49	4,5	229
Саке	14,5	14,5 ± 0,06	45,4	-	137	24,7	-	638	198	19,7	738
Скотч	40	40 ± 0,06	36,9	-	215	48,1	2,28	579	565	2,98	534
Текилла	38	38 ± 0,06	29,1	-	124	1714	6,11	362	522	10,1	1702
Водка	40	40 ± 0,06	1,86	-	-	9,7	1,52	-	-	-	-
Виски	43	43 ± 0,06	63	-	303	67,4	3,02	581	564	3,35	729
Белое сухое вино	9,0-13,0	9,9 ± 0,06	666	-	548	406	12,1	157	334	11,4	1791

Сравнение относительного смещения Z измеренной концентрации компонента с контрольным значением α

Относительное смещение

↓

$$Z_i(q) = \frac{|\Delta C_i^{изм}(q) - C_i^{септ}(q)|}{C_i^{септ}(q)} \cdot 100\% \leq \alpha_i$$

Контрольные значения

↓

$$\alpha_i = 2 \cdot \sqrt{s_{I(TO)i}^2 - s_{r i}^2} / 2$$

Спиртной напиток	Летучий компонент	$Z_i(10), \%$	$Z_i(250), \%$	$Z_i(1000), \%$	$Z_i(5000), \%$
Виски 	Ацетальдегид	1,4 (<6)	1,0 (<5)	2,1 (<5)	1,4 (<5)
	Метилацетат	3,1 (<10)	1,4 (<5)	1,0 (<5)	1,6 (<5)
	Этилацетат	1,1 (<10)	1,1 (<5)	1,6 (<5)	1,8 (<5)
	Метанол	1,8 (<4)	0,2 (<3)	1,7 (<3)	1,3 (<3)
	Пропан-2-ол	1,5 (<6)	0,4 (<4)	1,4 (<4)	1,9 (<4)
	Пропан-1-ол	3,1 (<10)	1,7 (<5)	0,5 (<5)	2,3 (<5)
	Изобутанол	1,0 (<8)	0,5 (<5)	0,6 (<5)	2,6 (<5)
	Бутан-1-ол	2,5 (<11)	1,5 (<5)	2,7 (<5)	2,0 (<5)
	Изоамилол	1,3 (<8)	0,3 (<5)	1,8 (<5)	0,8 (<5)

Летучий компонент	Концентрация, мг/л АА	$\alpha, \%$
Ацетальдегид	5,28 - 13,5	6
	13,5* - 4969	5
Метилацетат	2,09 - 10,5	10
	10,5* - 5073	5
Этилацетат	2,08 - 10,4	10
	10,4* - 5052	5
Метанол	16,4 - 24,8	4
	24,8* - 5074	3
Пропан-2-ол	4,21 - 12,6	6
	12,6* - 5072	4
Пропан-1-ол	2,13 - 10,7	10
	10,7* - 5163	5
Изобутанол	2,08 - 10,5	8
	10,5* - 5059	5
Бутан-1-ол	2,09 - 10,5	11
	10,5* - 5063	5
Изоамилол	2,14 - 10,7	8
	10,7* - 5203	5

Стандартное отклонение:

$s_{I(TO)}$ -
промежуточная
прецизионность
(с вариацией
факторов «время»
и «оператор»)

s_r -
повторяемость
(при постоянных
эксперименталь-
ных условиях)

*- не включая

Сравнение относительного смещения Z измеренной концентрации компонента с контрольным значением α

$$\Rightarrow Z_i(q) = \frac{|\Delta C_i^{изм}(q) - C_i^{серт}(q)|}{C_i^{серт}(q)} \cdot 100\% \leq \alpha_i$$

$$\Rightarrow \alpha_i = 2 \cdot \sqrt{s_{I(TO)i}^2 - s_{r i}^2} / 2$$

Спиртной напиток	Летучий компонент	$Z_i(10)$, %	$Z_i(250)$, %	$Z_i(1000)$, %	$Z_i(5000)$, %
Бурбон 	Ацетальдегид	1,8	3,1	1,2	0,2
	Метилацетат	2,3	1,4	0,4	0,6
	Этилацетат	1,7	0,7	2,7	0,0
	Метанол	2,1	1,1	1,8	1,3
	Пропан-2-ол	2,7	0,3	1,0	0,6
	Пропан-1-ол	3,2	1,3	0,9	0,8
	Изобутанол	1,4	1,5	2,6	0,9
	Бутан-1-ол	1,4	0,1	0,4	0,8
	Изоамилол	1,0	2,6	1,3	0,8
	Ацетальдегид	2,7	2,0	1,9	2,7
Бренди 	Метилацетат	2,5	3,0	3,1	1,1
	Этилацетат	0,6	2,2	1,7	0,2
	Метанол	1,7	1,1	1,8	0,9
	Пропан-2-ол	1,7	2,8	0,6	2,6
	Пропан-1-ол	1,4	0,2	2,8	0,8
	Изобутанол	1,0	2,7	2,7	0,6
	Бутан-1-ол	2,9	1,3	1,0	2,6
	Изоамилол	0,3	1,2	1,2	2,4

Летучий компонент	Концентрация, мг/л АА	α , %
Ацетальдегид	5,28 - 13,5	6
	13,5* - 4969	5
Метилацетат	2,09 - 10,5	10
	10,5* - 5073	5
Этилацетат	2,08 - 10,4	10
	10,4* - 5052	5
Метанол	16,4 - 24,8	4
	24,8* - 5074	3
Пропан-2-ол	4,21 - 12,6	6
	12,6* - 5072	4
Пропан-1-ол	2,13 - 10,7	10
	10,7* - 5163	5
Изобутанол	2,08 - 10,5	8
	10,5* - 5059	5
Бутан-1-ол	2,09 - 10,5	11
	10,5* - 5063	5
Изоамилол	2,14 - 10,7	8
	10,7* - 5203	5

Сравнение относительного смещения Z измеренной концентрации компонента с контрольным значением α

$$\Rightarrow Z_i(q) = \frac{|\Delta C_i^{изм}(q) - C_i^{серт}(q)|}{C_i^{серт}(q)} \cdot 100\% \leq \alpha_i$$

$$\Rightarrow \alpha_i = 2 \cdot \sqrt{s_{I(TO)i}^2 - s_{r i}^2} / 2$$

Спиртной напиток	Летучий компонент	$Z_i(10), \%$	$Z_i(250), \%$	$Z_i(1000), \%$	$Z_i(5000), \%$
Ром 	Ацетальдегид	0,9	1,1	2,8	1,2
	Метилацетат	0,6	1,0	2,8	0,5
	Этилацетат	2,0	1,7	2,1	1,9
	Метанол	1,1	2,2	1,5	2,1
	Пропан-2-ол	0,7	0,1	1,5	1,4
	Пропан-1-ол	1,4	0,7	2,6	1,4
	Изобутанол	2,9	0,0	1,3	0,8
	Бутан-1-ол	0,4	1,5	1,8	1,2
	Изоамилол	2,9	0,1	2,5	1,8
Гранпа 	Ацетальдегид	2,1	2,4	1,8	2,5
	Метилацетат	0,1	0,0	0,3	2,7
	Этилацетат	0,0	0,4	2,3	2,4
	Метанол	2,2	1,9	1,2	1,9
	Пропан-2-ол	0,3	3,0	3,0	0,0
	Пропан-1-ол	2,5	2,7	3,1	0,5
	Изобутанол	1,9	0,9	0,5	0,2
	Бутан-1-ол	0,2	0,8	2,3	0,4
	Изоамилол	2,5	2,2	2,1	0,2

Летучий компонент	Концентрация, мг/л АА	$\alpha, \%$
Ацетальдегид	5,28 - 13,5	6
	13,5* - 4969	5
Метилацетат	2,09 - 10,5	10
	10,5* - 5073	5
Этилацетат	2,08 - 10,4	10
	10,4* - 5052	5
Метанол	16,4 - 24,8	4
	24,8* - 5074	3
Пропан-2-ол	4,21 - 12,6	6
	12,6* - 5072	4
Пропан-1-ол	2,13 - 10,7	10
	10,7* - 5163	5
Изобутанол	2,08 - 10,5	8
	10,5* - 5059	5
Бутан-1-ол	2,09 - 10,5	11
	10,5* - 5063	5
Изоамилол	2,14 - 10,7	8
	10,7* - 5203	5

Сравнение относительного смещения Z измеренной концентрации компонента с контрольным значением α

$$\Rightarrow Z_i(q) = \frac{|\Delta C_i^{изм}(q) - C_i^{серт}(q)|}{C_i^{серт}(q)} \cdot 100\% \leq \alpha_i$$

$$\Rightarrow \alpha_i = 2 \cdot \sqrt{s_{I(TO)i}^2 - s_{r i}^2} / 2$$

Спиртной напиток	Летучий компонент	$Z_i(10)$, %	$Z_i(250)$, %	$Z_i(1000)$, %	$Z_i(5000)$, %
Текилла 	Ацетальдегид	0,1	1,6	1,1	1,5
	Метилацетат	0,2	1,9	1,2	0,5
	Этилацетат	1,2	0,8	1,8	2,4
	Метанол	1,8	0,3	1,9	0,1
	Пропан-2-ол	0,9	1,7	0,8	1,7
	Пропан-1-ол	1,0	2,2	0,7	1,3
	Изобутанол	1,1	0,8	2,6	2,4
	Бутан-1-ол	1,7	0,3	1,0	1,6
	Изоамилол	2,2	1,6	0,2	0,9
Ракия 	Ацетальдегид	0,4	0,3	0,9	0,6
	Метилацетат	0,6	3,2	2,6	0,0
	Этилацетат	0,5	0,0	1,6	2,1
	Метанол	0,7	1,8	0,5	1,5
	Пропан-2-ол	0,7	0,3	2,4	1,8
	Пропан-1-ол	2,9	1,7	1,5	0,3
	Изобутанол	0,7	1,0	0,7	2,3
	Бутан-1-ол	0,5	1,1	2,4	2,5
	Изоамилол	1,6	0,6	1,5	0,8

Летучий компонент	Концентрация, мг/л АА	α , %
Ацетальдегид	5,28 - 13,5	6
	13,5* - 4969	5
Метилацетат	2,09 - 10,5	10
	10,5* - 5073	5
Этилацетат	2,08 - 10,4	10
	10,4* - 5052	5
Метанол	16,4 - 24,8	4
	24,8* - 5074	3
Пропан-2-ол	4,21 - 12,6	6
	12,6* - 5072	4
Пропан-1-ол	2,13 - 10,7	10
	10,7* - 5163	5
Изобутанол	2,08 - 10,5	8
	10,5* - 5059	5
Бутан-1-ол	2,09 - 10,5	11
	10,5* - 5063	5
Изоамилол	2,14 - 10,7	8
	10,7* - 5203	5

Сравнение относительного смещения Z измеренной концентрации компонента с контрольным значением α

$$\rightarrow Z_i(q) = \frac{|\Delta C_i^{изм}(q) - C_i^{серт}(q)|}{C_i^{серт}(q)} \cdot 100\% \leq \alpha_i$$

$$\rightarrow \alpha_i = 2 \cdot \sqrt{s_{I(TO)i}^2 - s_{r i}^2} / 2$$

Спиртной напиток	Летучий компонент	$Z_i(10), \%$	$Z_i(250), \%$	$Z_i(1000), \%$	$Z_i(5000), \%$
Кальвадос 	Ацетальдегид	2,1	2,6	2,5	1,3
	Метилацетат	1,1	0,4	0,3	1,1
	Этилацетат	0,4	1,0	3,0	3,0
	Метанол	2,0	0,7	2,1	2,3
	Пропан-2-ол	0,5	1,2	1,9	0,9
	Пропан-1-ол	0,2	2,9	0,1	0,3
	Изобутанол	1,1	0,1	2,7	0,5
	Бутан-1-ол	0,8	2,6	0,0	0,8
	Изоамилол	0,8	1,8	2,2	1,6
Скотч 	Ацетальдегид	1,2	0,2	1,3	0,7
	Метилацетат	0,4	0,1	2,6	1,9
	Этилацетат	3,1	0,3	2,9	2,8
	Метанол	1,5	0,6	2,2	0,0
	Пропан-2-ол	1,6	1,8	2,8	1,8
	Пропан-1-ол	1,0	0,7	0,9	1,5
	Изобутанол	2,6	2,6	0,4	1,1
	Бутан-1-ол	0,4	0,4	2,4	2,0
	Изоамилол	1,9	1,1	2,4	0,8

Летучий компонент	Концентрация, мг/л АА	$\alpha, \%$
Ацетальдегид	5,28 - 13,5	6
	13,5* - 4969	5
Метилацетат	2,09 - 10,5	10
	10,5* - 5073	5
Этилацетат	2,08 - 10,4	10
	10,4* - 5052	5
Метанол	16,4 - 24,8	4
	24,8* - 5074	3
Пропан-2-ол	4,21 - 12,6	6
	12,6* - 5072	4
Пропан-1-ол	2,13 - 10,7	10
	10,7* - 5163	5
Изобутанол	2,08 - 10,5	8
	10,5* - 5059	5
Бутан-1-ол	2,09 - 10,5	11
	10,5* - 5063	5
Изоамилол	2,14 - 10,7	8
	10,7* - 5203	5

Сравнение относительного смещения Z измеренной концентрации компонента с контрольным значением α

$$\Rightarrow Z_i(q) = \frac{|\Delta C_i^{изм}(q) - C_i^{серт}(q)|}{C_i^{серт}(q)} \cdot 100\% \leq \alpha_i$$

$$\Rightarrow \alpha_i = 2 \cdot \sqrt{s_{I(TO)i}^2 - s_{r i}^2} / 2$$

Спиртной напиток	Летучий компонент	$Z_i(10)$, %	$Z_i(250)$, %	$Z_i(1000)$, %	$Z_i(5000)$, %
Джин 	Ацетальдегид	0,8	0,5	0,0	2,9
	Метилацетат	0,7	1,1	0,3	2,4
	Этилацетат	2,6	1,5	2,5	3,1
	Метанол	0,5	1,2	2,1	1,9
	Пропан-2-ол	1,8	2,0	1,2	3,0
	Пропан-1-ол	1,4	2,2	0,7	3,1
	Изобутанол	0,6	0,5	1,3	2,7
	Бутан-1-ол	1,2	2,2	0,6	2,8
	Изоамилол	0,5	1,9	2,6	0,4
Саке 	Ацетальдегид	1,6	2,0	0,6	0,9
	Метилацетат	0,1	0,1	0,2	2,5
	Этилацетат	2,5	1,4	0,9	2,3
	Метанол	2,3	1,4	0,3	1,5
	Пропан-2-ол	0,2	0,6	0,9	0,6
	Пропан-1-ол	1,8	0,2	1,8	0,5
	Изобутанол	2,7	2,7	1,1	0,4
	Бутан-1-ол	1,0	1,2	0,2	0,3
	Изоамилол	2,7	0,3	1,3	2,4

Летучий компонент	Концентрация, мг/л АА	α , %
Ацетальдегид	5,28 - 13,5	6
	13,5* - 4969	5
Метилацетат	2,09 - 10,5	10
	10,5* - 5073	5
Этилацетат	2,08 - 10,4	10
	10,4* - 5052	5
Метанол	16,4 - 24,8	4
	24,8* - 5074	3
Пропан-2-ол	4,21 - 12,6	6
	12,6* - 5072	4
Пропан-1-ол	2,13 - 10,7	10
	10,7* - 5163	5
Изобутанол	2,08 - 10,5	8
	10,5* - 5059	5
Бутан-1-ол	2,09 - 10,5	11
	10,5* - 5063	5
Изоамилол	2,14 - 10,7	8
	10,7* - 5203	5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- На основании полученных результатов экспериментальных исследований выполнена аттестация метода в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.563-2009 и получено свидетельство № 08-47/584.0 1.00 1 43-2013.2025 <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/16/items/1423560>.
- Метод, основанный на идее использования этанола в качестве вещества внутреннего стандарта для количественного определения летучих компонентов в алкогольной продукции, по результатам межлабораторных испытаний в 49 таможенных лабораториях Европейского Союза, в 2024 году принят в качестве официального регламента **ILIADe 453:2024 | CLEN Method**.
- Метод получил высокую оценку экспертного сообщества и 27 сентября 2023 года на 66-ой сессии комиссии «Методы анализа» Международной межправительственной организации виноградарства и вина (MOBB-OIV) предложенный проект OENO-SCMA 24-756 «Method for determination of volatile compounds in spirituous beverages of vitivinicultural origin using contained ethanol as a reference substance» был включен в план по разработке международного стандарта в рамках единой восьми этапной процедуры, предусмотренной Уставом MOBB. Проект **OENO-SCMA 24-756** на заседании 68-ой сессии комиссии «Методы анализа» MOBB-OIV 11.03.2025 перешел на 5-й этап процедуры MOBB.
- Данные обстоятельства указывают на хорошую перспективу разработки на основе предложенного метода соответствующих межгосударственных и международных стандартов.

О валидации метода

- Модифицированный метод определения летучих компонентов в спиртных напитках с использованием содержащегося в них этанола в качестве референсного вещества представляет собой мощный и практичный инструмент для контроля качества, соблюдения нормативных требований и рутинного анализа в алкогольной промышленности.
- Каждая лаборатория в процессе анализа образцов алкогольных продуктов имеет большой объем архивных данных (хроматограмм), причем пик этанола регистрируется наряду с пиками различных летучих компонентов.
- По материалам представленной работы каждый желающий может проверить новый метод в своей лаборатории, используя имеющиеся архивные экспериментальные данные, и убедиться в работоспособности и эффективности метода.

Краткий алгоритм перехода от метода внешнего стандарта к методу внутреннего стандарта с использованием **этанол** как референсного вещества

1. Пересчет значений концентраций. Для работы по ММВС проводят пересчет аттестованных значений концентраций компонентов в СО (ГР) из размерности мг/дм³ или %об. в единицы измерения мг/л безводного этилового спирта (мг/л АА). При этом значения концентрации C рассчитывают с использованием значений крепости СО (ГР) по формуле:

$$C [\text{мг/л АА}] = \tilde{C} [\text{мг/дм}^3] \cdot 100\% / \text{крепость}$$

Концентрация этанола в мг/л АА равна плотности этанола при 20 °С $\rho_{\text{этанол}} = 789300$ мг/л.

2. Определение факторов отклика $RRF^{\text{этанол}}$. Полученные значения концентрации компонентов вносят в используемые в испытательной лаборатории таблицы для расчетов. Различия заключаются в том, что при работе по традиционным методам вносят значения концентрации компонентов в размерности мг/дм³ или %об., а при работе по ММВС – значения концентрации C в размерности мг/л АА. В результате рассчитываются значения факторов отклика RF компонентов и $RF^{\text{этанол}}$ этанола.

$$RF = C/A \text{ и } RF^{\text{этанол}} = \rho_{\text{этанол}} / A_{\text{этанол}}$$

Относительные факторы отклика RRF рассчитываются как отношение факторов отклика анализируемых компонентов и этанола либо с использованием RF , либо – отношений концентраций и площадей на основе измерений только 1 градуировочной смеси (РВ-1):

$$RRF^{\text{этанол}} = \left(\frac{C}{\rho_{\text{этанол}}} \right) / \left(\frac{A}{A_{\text{этанол}}} \right)$$

3. Анализ продукции. Различия заключаются в том, что при работе по традиционным методам значения концентрации компонентов получают в размерности мг/дм³ или %об., определяют крепость продукта и затем пересчитывают концентрацию в размерность мг/л АА. Тогда как при работе по ММВС значения концентрации получают сразу в размерности мг/л АА, и нет необходимости определять крепость образца продукции.

$$C [\text{мг/л АА}] = RRF^{\text{этанол}} \cdot \rho_{\text{этанол}} \cdot (A / A_{\text{этанол}})$$

Переход от метода внешнего стандарт к методу внутреннего стандарта с использованием этанола как референсного вещества

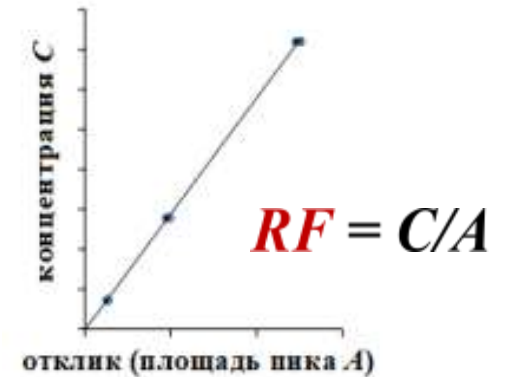
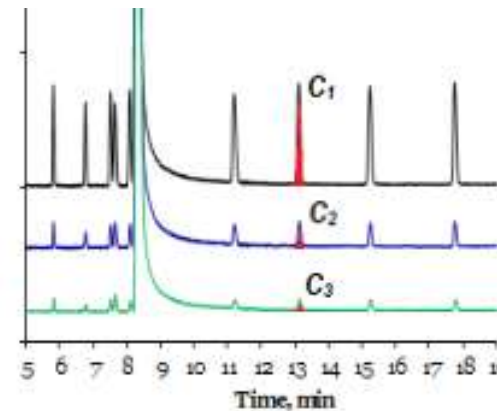
Стандартные образцы, аттестованные смеси



1. Пересчет концентраций

$$C [\text{мг/л AA}] = \tilde{C} [\text{мг/дм}^3] \cdot 100\% / \text{крепость}$$

Абсолютная градуировка (от 3-х аттестованных смесей)

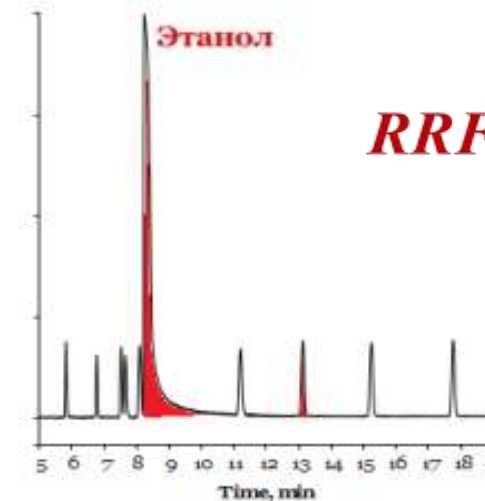


Образцы алкогольной продукции



2. Расчет $RRF_{\text{этанол}}$

Градуировка с внутренним стандартом этанолом (1 аттестованная смесь)



$$RRF_{\text{этанол}} = \left(\frac{C}{\rho_{\text{этанола}}} \right) / \left(\frac{A}{A_{\text{этанол}}} \right)$$

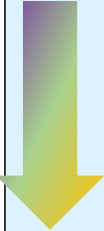
$$RRF_{\text{этанол}} = \frac{RF}{RF_{\text{этанол}}}$$

$$\rho_{\text{этанола}} = 789270 \text{ мг/л}$$

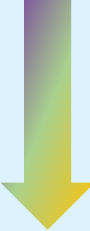
3. Расчет концентрации

$$C [\text{мг/л AA}] = RRF_{\text{этанол}} \cdot \rho_{\text{этанола}} \cdot (A / A_{\text{этанол}})$$

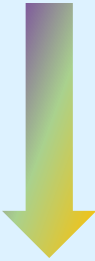
Сравнение показателей повторяемости (ОСКО, s_p, %)

Наименование летучего компонента	Диапазон измерения концентрации, мг/дм ³ б.с. (приблизительно)	ГОСТ 30536–2013	СТБ ГОСТ Р 51698–2001	ГОСТ 32039–2013	ГОСТ 31684–2012	ГОСТ 33834–2016	ГОСТ Р 57893–2017	ГОСТ Р 51999–2002	ГОСТ Р 55878–2013	ГОСТ 33408–2015	ГОСТ 34675–2020	ГОСТ 33833–2016	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	14
Ацетальдегид	2-12	5	-	5	5	6,5	6	не указано	7,5	-	-	-	3,5
	12-5000	-	4	-	4	4	4	не указано	4	не указано	5-3	-	2,5
Метил-ацетат	2-12	5	-	5	-	-	-	-	7,5	-	-	-	5,0
	12-5000	-	4	-	-	-	-	-	4	не указано	-	-	2,5
Этил-ацетат	2-12	5	-	5	5	7,5	6,5	не указано	7,5	-	-	-	5,0
	12-5000	-	4	-	4	5	4,5	не указано	4	не указано	7-5	-	2,5
Метанол	от 10 до 20-25 (0,0001%-0,001%)	7	7	7	8	6	5,5	не указано	-	не указано	-	-	2,0
	от 25 до 200 (0,001%-0,01%)	5	5	5	7	4,5	4,5	не указано	5,7	не указано	7	9-7	1,5
	от 200 до 5000 (0,01%-0,1%)	4	4	4	7	4,5	-	-	3,1	не указано	7-5	7	1,5
Пропан-2-ол	4-12	5	5	5	5	7	7	не указано	7,5	не указано	-	-	3,5
	12-5000	-	4	-	4	4,5	5	не указано	4	не указано	-	-	2,0
Пропан-1-ол	2-12	5	-	5	5	7,5	5	не указано	7,5	-	-	-	5,0
	12-5160	-	4	-	4	4,5	3	не указано	4	не указано	4-3	-	2,5
Изо-бутанол	2-12	5	-	5	5	7	5	не указано	7,5	-	-	-	5,0
	12-5000	-	4	-	4	4	3,5	не указано	4	не указано	4-3	-	2,5
Бутан-1-ол	2-12	5	-	5	5	7	7	не указано	7,5	-	-	-	6,5
	12-5000	-	4	-	4	5,5	5	не указано	4	не указано	-	-	2,5
Изо-амилол	2-12	5	-	5	5	7,5	6	-	-	-	-	-	5,0

Сравнение показателей воспроизводимости ($s_{I(ТО)}$ %)

Наименование летучего компонента	Диапазон измерения концентрации, мг/дм³ б.с. (приблизительно)	ГОСТ 30536–2013	СТБ ГОСТ Р 51698–2001	ГОСТ 32039–2013	ГОСТ 31684–2012	ГОСТ 33834–2016	ГОСТ Р 57893–2017	ГОСТ Р 51999–2002	ГОСТ Р 55878–2013	ГОСТ 33408–2015	ГОСТ 34675–2020	ГОСТ 33833–2016	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	14
Ацетальдегид	5-12	7	-	7	7	10	9	не указано	не указано	-	-	-	4,0
	12-5000	-	5	-	6	6	6	не указано	не указано	не указано	>	-	3,0
Метил-ацетат	2-12	7	-	7	-	-	-	-	не указано		-	-	6,0
	12-5000	-	5	-	-	-	-	-	не указано	не указано	-	-	3,0
Этил-ацетат	2-12	7	-	7	7	11	10	не указано	не указано	-	-	-	6,0
	12-5000	-	5	-	6	7,5	7	не указано	не указано	не указано	>	-	3,0
Метанол	от 10 до 20-25 (0,0001%-0,001%)	10	10	10	12	9	8	не указано	-	не указано	-	-	2,5
	от 25 до 200 (0,001%-0,01%)	6	6	6	10	7	7	не указано	не указано	не указано	>	14-11	2,0
	от 200 до 5000 (0,01%-0,1%)	5	5	5	10	7	-	-	не указано	не указано	>	11	2,0
Пропан-2-ол	4-12	7	7	7	7	10,5	12	не указано	не указано	не указано	-	-	4,0
	12-5000	-	5	-	6	7	7,5	не указано	не указано	не указано	-	-	2,5
Пропан-1-ол	2-12	7	-	7	7	11	7,5	не указано	не указано	-	-	-	6,0
	12-5000	-	5	-	6	7	4,5	не указано	не указано	не указано	>	-	3,0
Изо-бутанол	2-12	7	-	7	7	10,5	7,5	не указано	не указано	-	-	-	5,5
	12-5000	-	5	-	6	6	5	не указано	не указано	не указано	>	-	3,0
Бутан-1-ол	2-12	7	-	7	7	10,5	10,5	не указано	не указано	-	-	-	7,0
	12-5000	-	5	-	6	8	7,5	не указано	не указано	не указано	-	-	3,0
Изо-амилол	2-12	7	-	7	7	11	9	-	-	-	-	-	5,5
	12-5200	-	5	-	6	7,5	7	-	-	не указано	>	-	3,0

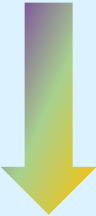
Сравнение пределов повторяемости (r, %)

Наименование летучего компонента	Диапазон измерения концентрации, мг/дм³ б.с. (приблизительно)	ГОСТ 30536–2013	СТБ ГОСТ Р 51698–2001	ГОСТ 32039–2013	ГОСТ 31684–2012	ГОСТ 33834–2016	ГОСТ Р 57893–2017	ГОСТ Р 51999–2002	ГОСТ Р 55878–2013	ГОСТ 33408–2015	ГОСТ 34675–2020	ГОСТ 33833–2016	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	14
Ацетальдегид	5-12	15	-	15	15	18	17	35 ^{##}	19	-	-	-	10
	12-5000	-	10	-	10	11	11	20 ^{##}	11	10,4	14-8	-	7
Метил-ацетат	2-12	15	-	15	-	-	-	-	19	-	-	-	14
	12-5000	-	10	-	-	-	-	-	11	7	-	-	7
Этил-ацетат	2-12	15	-	15	15	21	18	30 ^{##}	19	-	-	-	14
	12-5000	-	10	-	10	14	12,5	15 ^{##}	11	7	19-14	-	7
Метанол	от 10 до 20-25 (0,0001%-0,001%)	20	20	20	22	17	15	10 ^{##}	-	7	-	-	6
	от 25 до 200) (0,001%-0,01%)	15	15	15	19	12,5	12,5	10 ^{##}	15	7	19	25-19	4
	от 200 до 5000 (0,01%-0,1%)	10	10	10	19	12,5	-	-	8	7	19-14	19	4
Пропан-2-ол	4-12	15	15	15	15	19	22	35 ^{##}	19	15	-	-	10
	12-5000	-	10	-	10	12,5	14	20 ^{##}	11	7	-	-	6
Пропан-1-ол	2-12	15	-	15	15	21	14	30 ^{##}	19	-	-	-	14
	12-5000	-	10	-	10	12,5	8	15 ^{##}	11	7	11-8	-	7
Изо-бутанол	2-12	15	-	15	15	19	14	30 ^{##}	19	-	-	-	14
	12-5000	-	10	-	10	11	10	15 ^{##}	11	7	11-8	-	7
Бутан-1-ол	2-12	15	-	15	15	19	19	30 ^{##}	19	-	-	-	18
	12-5000	-	10	-	10	15	14	15 ^{##}	11	7	-	-	7
Изо-амилол	2-12	15	-	15	15	21	17	-	-	-	-	-	14
	12-5200	-	10	-	10	14	12,5	-	-	7	11-8	-	7

^{##} - норматив для контроля сходимости

Сравнение показателей точности

(границ относительной погрешности, расширенной неопределенности *U*, %)

Наименование летучего компонента	Диапазон измерения концентрации, мг/дм ³ б.с. (приблизительно)	ГОСТ 30536–2013	СТБ ГОСТ Р 51698–2001	ГОСТ 32039–2013	ГОСТ 31684–2012	ГОСТ 33834–2016	ГОСТ Р 57893–2017	ГОСТ Р 51999–2002	ГОСТ Р 55878–2013	ГОСТ 33408–2015	ГОСТ 34675–2020	ГОСТ 33833–2016	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	14
Ацетальдегид	5-12	15	-	15	15	20	19	25	20	-	-	-	13
	12-5000	-	10	-	13	12	12	15	10	11,7	15-10	-	8,4
Метил-ацетат	2-12	15	-	15	-	-	-	-	18	-	-	-	16
	12-5000	-	10	-	-	-	-	-	10	11,7	-	-	8,3
Этил-ацетат	2-12	15	-	15	15	21	20	20	18	-	-	-	16
	12-5000	-	10	-	13	15	14	10	10	9,6	20-17	-	8,3
Метанол	от 10 до 20-25 (0,0001%-0,001%)	20	20	20	25	19	17	15	-	10	-	-	10
	от 25 до 200 (0,001%-0,01%)	15	15	15	21	14	14	15	15	9,6	20	28-22	7,4
	от 200 до 5000 (0,01%-0,1%)	10	10	10	21	14	-	-	8	9,6	20-15	22	7,4
Пропан-2-ол	4-12	15	15	15	15	21	24	25	20	15	-	-	12
	12-5000	-	10	-	13	14	15	15	10	9,6	-	-	7,5
Пропан-1-ол	2-12	15	-	15	15	22	15	20	18	-	-	-	16
	12-5000	-	10	-	13	14	10	10	10	9,6	12-10	-	8,2
Изо-бутанол	2-12	15	-	15	15	21	15	20	18	-	-	-	15
	12-5000	-	10	-	13	12	11	10	10	9,6	12-10	-	8,0
Бутан-1-ол	2-12	15	-	15	15	21	21	20	18	-	-	-	18
	12-5000	-	10	-	13	16	15	10	10	9,6	-	-	8,0
Изо-амилол	2-12	15	-	15	15	22	19	-	-	-	-	-	15
	12-5200	-	10	-	13	15	14	-	-	9,6	12-10	-	8,0