

# Качество спирта пищевого и ликероводочной продукции после магнитной обработки



*С.ГРИГОРЕНКО, гл. инженер*

*ООО «Крымская водочная компания»*

*В.ПОПОВА, канд.техн.наук*

*Национальный университет пищевых технологий*

*А.ФЕДЕЛОВ, канд.техн.наук*

*КНПП «Нуклон-1»*

*Н.БОРОВИКОВА, ассистент*

*Харьковский национальный технический университет  
сельского хозяйства им. П. Василенка*

**П**ри производстве спирта пищевого, водок и ликероводочных изделий анализу подлежат исходное сырье (вода, спирт, вкусоароматические добавки) и готовая продукция.

Нормируемые параметры технологической воды, спирта этилового ректификованного, водок и ликероводочных изделий, определенные стандартами и подлежащие контролю включают: безопасность, физико-химические и органолептические показатели.

В настоящее время наряду с совершенствованием физико-химических методов и внедрением новых инструментальных средств для автоматизированного определения основных показателей качества, а также способов повышения достоверности оценивания органолептических показателей путем научно-обоснованного увеличения динамического диапазона оценочных шкал **актуальным является разработка методологии и математических моделей совместного учета всей совокупности показателей, определяемых инструментальными и органолептическими методами в соответствии с действующими государственными стандартами.**

Контроль физико-химических и показателей безопасности осуществляются в основном инструментальными средствами.

**Химические и физические** методы контроля учитывают изменение энергии химических реакций и показаний приборов.

**Органолептическое** определение качества продукции основывается на восприятии органами чувств человека и отражает субъективный фактор при дегустационной ее оценке.

Органолептические показатели определяют с помощью модифицированной бальной оценки этилового спирта из пищевого сырья с назначением коэффициентов весомости показателей.

В настоящей работе изложена методика количественного оценивания качества спирта этилового пищевого и произведена оценка спирта и водки необработанного и обработанного магнитным полем с целью проведения единой технической политики в производстве спирта из пищевого сырья, водки и ликероводочных изделий в области количественной оценки их качества основанной на методике количественного оценивания качества изделий ликероводочной и винодельческой продукции, разработанная кафедрой «Информационные технологии» Московского государственного университета технологий и управления под руководством проф. А.Е. Краснова.

Для интегральной оценки качества по совокупности основных инструментальных и органолептических показателей были исследованы спирты пищевые «Люкс», «Экстра», «Высшая очистка». Спирт обрабатывали магнитными полями слабых постоянных магнитов с величиной магнитной индукции в центре рабочего зазора активной зоны 40мТл, скорость жидкости 1,2м/с.

Таблица 1

Показатель	Наименование	Единица измерений	Нормативная документация	Нижняя граница нормы	Верхняя граница нормы
------------	--------------	-------------------	--------------------------	----------------------	-----------------------

**Показатели безопасности X**

X <sub>1</sub>	Свинец	мг/кг	ГОСТ 26932	0,000	0,300
X <sub>2</sub>	Мышьяк	мг/кг	ГОСТ 26930	0,000	0,200
X <sub>3</sub>	Кадмий	мг/кг	ГОСТ 26933	0,000	0,030
X <sub>4</sub>	Ртуть	мг/кг	ГОСТ 26927	0,000	0,005
X <sub>5</sub>	Цинк	мг/кг	ГОСТ 26934	0,000	4,000

**Физико-химические показатели Y**

Y <sub>1</sub>	Объемная часть этилового спирта, при температуре 20°C	%	ДСТУ 4181	96,3	96,30
Y <sub>2</sub>	Проба на чистоту серной кислотой		ДСТУ 4181	выдерживает	
Y <sub>3</sub>	Уксусный альдегид в 1 дм <sup>3</sup> безводного спирта	мг/дм <sup>3</sup>	ДСТУ 4181	0,0	2,00
Y <sub>4</sub>	Сивушные масла	мг/дм <sup>3</sup>	ДСТУ 4181	0,0	7,00
Y <sub>5</sub>	Проба на окисляемость при температуре 20°C		ДСТУ 4181	15,0	20,00
Y <sub>6</sub>	Массовая концентрация эстеров	мг/дм <sup>3</sup>	ДСТУ 4181	0,00	3,00
Y <sub>7</sub>	Объемная часть метилового спирта	%	ДСТУ 4181	0,00	0,02
Y <sub>8</sub>	Массовая концентрация свободных кислот	мг/дм <sup>3</sup>	ДСТУ 4181	8,00	12,00
Y <sub>9</sub>	Массовая концентрация органических веществ	мг/дм <sup>3</sup>	ДСТУ 4181	12,00	25,00
Y <sub>10</sub>	Проба на фурфурол		ДСТУ 4181	Выдерживает	
Y <sub>11</sub>	Массовая концентрация сухого остатка	мг/дм <sup>3</sup>	ДСТУ 4181	5,00	5,00

**Органолептические показатели Z**

Z <sub>1</sub>	Внешний вид	баллы	ДСТУ 4181	1,5	2,0
Z <sub>2</sub>	Цвет	»	ДСТУ 4181	2,5	4,0
Z <sub>3</sub>	Вкус и запах	»	ДСТУ 4181	2,5	4,0
Z <sub>4</sub>	Суммарная балльная оценка	»	ДСТУ 4181	6,5	10,0

Качество спирта оценивали с учетом совокупности показаний, определяемых в соответствии с интегральным критерием качества при различных зависимостях групп показателей (безопасности, физико-химических, органолептических). При таком подходе происходит совместный учет всей совокупности показателей, определяемых инструментальными и органолептическими методами с соответствующими государственными стандартами с одновременным совершенствованием физико-химических методов и внедрением новых инструментальных средств для автоматизированного определения основных показателей качества, а также методов повышения достоверности оценивания органолептических показателей путем научно-обоснованного увеличения динамического диапазона оценочных шкал.

В табл. 1 представлена совокупность основных показателей спирта пищевого, декомпозированных на три функциональные группы:

- безопасности X, (5 показателей);
- физико-химических Y, (11 показателей);
- органолептических Z, (4 показателя).

Заметим, что состоянию нормы (по ГОСТу) соответствуют те показатели  $(X_1, X_2 \dots X_L): (Y_1, Y_2 \dots Y_P): (Z_1, Z_2 \dots Z_Q)$ , компоненты которых удовлетворяют некоторым ограничениям  $F_n^* \leq F_n \leq F_n^{**}$ ;  $n=1, 2 \dots N=L+P+Q$ , заданными предельными нижними  $F_n^*$  и верхними  $F_n^{**}$  значениями ( $L=5, P=11, Q=3$ ).

Нижние пределы  $F_n^*$  могут принимать нулевые значения, что характерно практически для всех показателей безопасности и ряда физико-химических показателей спирта. Для ряда показателей спирта  $F_n^*=0$ .

В рассмотренной ситуации будем считать, что 100%-ное качество продукта по каждой группе инструментальных показателей X и Y (см. табл. 1) должно достигаться при полном совпадении их значений  $F_n$  с некоторыми «эталонными» значениями  $F_{nm}$  ( $F_n^* \leq F_{nm} \leq F_n^{**}$ ), где  $n=1, 2 \dots, N$ ;  $m=1, 2 \dots, M$ .

Вполне очевидно, что 100%-ное качество продукта по группе органолептических показателей Z табл. 1 достигается при полном совпадении их значений  $Z_n$  с верхними границами оценок  $Z_n^{**}$ , т. е.  $F_n = Z_n^{**}$ .

Будем также считать, что при отклонении  $F_n$  от  $F_{nm}$  значение критерия показателя качества должно уменьшаться.

Для количественного оценивания дифференциальных критериев качества (по отдельным показателям X, Y, Z) воспользуемся следующими нечеткими мерами сходства:

$\mu_1(F_n F_m) =$	1	
	$1 + \sum_{n=1}$	$\alpha_{nF}^2 (F_n - F_{nm})^2$
		$h_{nF}^2$

$$\mu_2(F_n F_m) = \exp - \sum_{n=1}$$

$$\alpha_{nF}^2 (F_n - F_{nm})^2 / h_{nF}^2$$

где  $\alpha_{nF} (\alpha_{nX}, \alpha_{nY}, \alpha_{nZ})$  – вектор весовых коэффициентов, определяемых значимости показателей в каждой группе X, Y, Z

$h_{nF}^2$  – некоторые оценки неизвестных интенсивностей помех ( $n=1, 2 \dots, N=L+P+Q$ ).



В качестве оценок неизвестных интенсивностей помех могут использоваться оценки, получаемые из выражения

$$h^2 = s^2 + \Delta^2,$$

где  $s$  – стандартное отклонение, определяемое инструментальной погрешностью измерения показателя объекта;  $\Delta$  – разброс, или диапазон, возможных значений показателей, определяемый технологическими условиями «приготовления» продукта.

Отнесение наблюдаемых неизвестных групповых векторов X, Y и Z состояний и одним из M «эталонных» векторов (или группе «эталонных» векторов)  $X_m, Y_m$  и  $Z_m$  может быть осуществлено сравнением всех статистик  $\mu$  из (1) друг с другом и выбором таких  $X_m, Y_m$  и  $Z_m$  (или группе «эталонных» векторов), для которых статистики  $\mu$  из (1) примут максимальные значения.

Окончательное выражение для оценки интегрального критерия качества спирта определим, используя коэффициенты  $\beta_X, \beta_Y, \beta_Z$ , верифицирующие групповые значимости  $\beta_X + \beta_Y + \beta_Z = 1$ , и операцию алгебраического объединения нечетких множеств:

$$\mu \Sigma (F_n F_m) = [\beta_X \mu(X_n X_m) + \beta_Y \mu(Y_n Y_m) + \beta_Z \mu(Z_n Z_m) - \beta_X \beta_Y \mu(X_n X_m) \mu(Y_n Y_m) - \beta_X \beta_Z \mu(X_n X_m) \mu(Z_n Z_m) - \beta_Y \beta_Z \mu(Y_n Y_m) \mu(Z_n Z_m)]$$



Таблица 2

**Места, занятые спиртом, обработанным магнитным полем и необработанным, в соответствии с интегральными критериями качества**

Группа безопасности	$\beta_x$	1,000	0,000	0,000	0,333	0,250	0,167
Группа физикохимическая	$\beta_y$	0,000	1,000	0,000	0,333	0,250	0,167
Группа органолептическая	$\beta_z$	0,000	0,000	1,000	0,333	0,500	0,667
<b>Исследуемый продукт</b>		<b>Места, определенные по интегральному критерию <math>\mu_z(F_p F_m)</math></b>					
Спирт «Люкс»		1	2	4	2	2	4
Спирт «Люкс» обработанный МП		1	1	1	1	1	1
Спирт «Экстра»		2	4	5	4	5	5
Спирт «Экстра» обработанный МП		2	3	2	2	3	2
Спирт «Высшая очистка»		3	6	6	5	6	6
Спирт «Высшая очистка» обработанный МП1		3	5	3	3	4	3

$$\mu(Z_n Z_m) + \beta_x \beta_y \beta_z \mu(X_n X_m) \mu(Y_n Y_m) \mu(Z_n Z_m)] / (1 - \beta_x \beta_y - \beta_x \beta_z - \beta_y \beta_z + \beta_x \beta_y \beta_z)$$

Очевидно, что решение о подлинности конкретного изделия продукции спиртовой промышленности может быть принято на основании сравнения интегрального критерия качества  $\mu \Sigma (F, F_m)$  с некоторым порогом  $T \Sigma$ , значение которого может быть найдено эмпирически по представленным в работе данным.

При этом значимости всех показателей были выбраны равными  $\alpha_{nx} = \alpha_{ny} = 0,1$ ;  $\alpha_{nz} = 0,3$ . В качестве «эталонных» были выбраны нулевые значения показателей  $F_{n3} = 0$ , за исключением:  $Y_{53} = 7,0$  (рН);  $Y_{113} = 100$  (прозрачность);  $Z_{43} = 10$  (суммарная балльная оценка). За эталонное значение окисляемости по Лангу было принято 30 мин. Разброс или диапазон возможных значений  $\Delta$  для каждого показателя оценивался его выборочным стандартным отклонением (по группе приведенных показателей).

Результаты оценки качества спирта и места, занятые спиртами в соответствии с интегральными критериями качества при различных значимостях групп показателей (безопасности, физико-химических, органолептических) приведены в табл.2.

Варьирование групповых значимостей в широком диапазоне показало высокое качество спирта



«Люкс» и спиртов «Люкс», «Экстра», «Высшая очистка», обработанных магнитными полями слабых постоянных магнитов, а также устойчивость критериев качества. В то же время среди спиртов, приведенных в табл. 2, по группе показателей безопасности

Таблица 3

Результаты исследования водок

Группа безопасности	$\beta_x$	1,000	0,000	0,000	0,333	0,250	0,167
Группа физикохимическая	$\beta_y$	0,000	1,000	0,000	0,333	0,250	0,167
Группа органолептическая	$\beta_z$	0,000	0,000	1,000	0,333	0,500	0,667

Исследуемый продукт	Места определенные по интегральному критерию $\mu_z(F_p F_m)$					
Водка, не обработанная магнитным полем	1	2	2	2	2	2
Водка, обработанная магнитным полем	1	1	1	1	1	1

лидером является спирт «Люкс» необработанный и обработанный магнитными полями. По группе физико-химических показателей спирт «Люкс», «Экстра», «Высшая очистка», обработанные магнитным полем занимают более высокие места, чем необработанные.

По группе органолептических показателей первых три места занимают спирты, обработанные магнитным полем.

При повышении значимости группы органолептических показателей лидером остается спирт «Люкс», обработанный магнитным полем, но спирты «Экстра» и «Высшая очистка», обработанные магнитным полем занимают более высокие места, чем не обработанный спирт более высокой очистки «Люкс».

Таким образом, бесспорным лидером является спирт «Люкс», обработанный магнитным полем, который занял первое место во всех группах значимости.

Для оценки качества водки, обработанной магнитными полями, в экспертную систему были введены показатели необработанной и обработанной магнитными полями водок. Результаты приведены в табл. 3.

Водка, обработанная магнитным полем, занимает первое место по всем группам показателей.

Таким образом, результаты исследований подтверждают эффективность разработанной методики. Она позволяет проводить количественный учет качества спирта и водок по всем группам показателей, заложенных в нормативной документации.

Полное совпадение количественных исследований с качественными выводами подтверждает эффективность разработанной методики.

**Предлагаемая методика впервые позволяет проводить совместный количественный учет всей совокупности показателей, определяемых инструментальными и органо-**

**лептическими методами в соответствии с действующими государственными стандартами.**

Дальнейшее совершенствование методики связано с добавлением к трем рассмотренным еще двух функциональных групп, обусловленных исходным сырьем, а также уточнением значимостей всех показателей  $\mu_F$  и их «эталонных» значений.

Используемый для реализации данной задачи метод, на наш взгляд, заинтересует специалистов предприятий спиртовой промышленности. Он отличается простотой применения, наглядностью и достоверностью полученных результатов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьева А.В., Краснова Н.А., Кузнецова Ю.Г. Количественная оценка качества изделий ликероводочной и винодельческой продукции // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2006. - №1. - С. 17-20.
2. Хутинаев Т.Д., Сатцаева И.К., Киселев И.В. Модификация балльной оценки органолептических свойств этилового спирта из пищевого сырья // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2006. - №4. - С. 36-38.

