экономический университет. Адрес: ул. Киото, 19, г. Киев, Украина, 02156. E-mail: romanco@ukr.net.

Romanenko Roman, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department Engineering and Technical Disciplines, Kyiv National University of Trade and Economics. Address: Kioto str., 19, Kyiv, Ukraine, 02156. E-mail: romanco@ukr.net.

Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.М. Михайловим. Отримано 15.03.2015. ХДУХТ, Харків.

УДК 663.551.5:544.6.076

СТАБІЛІЗАЦІЯ ВОДНО-СПИРТОВИХ СУМІШЕЙ У ПРОЦЕСІ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ АКТИВАЦІЇ ПИТНОЇ ВОДИ

О.В. Кузьмін, В.Г. Топольник, В.Г. Мирончук, С.Ю. Суйков

Досліджено механізм установлення рівноважного стану водно-спиртових сумішей на основних етапах створення горілки з використанням електрохімічної активації питної води. Експериментально доведено залежність швидкості характеру встановлення термодинамічної рівноваги – релаксації водно-спиртових систем за умови стабілізації гідроксильної групи протонів етанолу та води. Методи: ^{1}Н ЯМР-спектроскопія; методи оцінки фізико-хімічних та органолептичних показників.

Ключові слова: *водно-спиртова суміш, горілка, ^{1}Н ЯМР-спектроскопія, гідроксильні протони, електрохімічна активація.*

СТАБИЛИЗАЦИЯ ВОДНО-СПИРТОВЫХ СМЕСЕЙ В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

О.В. Кузьмин, В.Г. Топольник, В.Г. Мирончук, С.Ю. Суйков

Исследован механизм установления равновесного состояния водно-спиртовых смесей на основных этапах создания водки при использовании электрохимической активации питьевой воды. Экспериментально доказана зависимость скорости и характера установления термодинамического равновесия – релаксации водно-спиртовых систем за счет стабилизации гидроксильной группы протонов этанола и воды. Методы:

© Кузьмін О.В., Топольник В.Г., Мирончук В.Г., Суйков С.Ю., 2015

^{1}H ЯМР-спектроскопия; методы оценки физико-химических и органолептических показателей.

Ключевые слова: *водно-спиртовая смесь, водка, ^{1}H ЯМР-спектроскопия, гидроксильные протоны, электрохимическая активация.*

STABILIZATION OF AQUEOUS-ALCOHOLIC MIXTURES UNDER THE PROCESS OF ELECTROCHEMICAL ACTIVATION OF DRINKING WATER

O. Kuzmin, V. Topol'nik, V. Mironchuk, S. Sujkov

The aim of the publication is to study the mechanisms of the equilibrium state of aqueous-alcoholic mixtures at key stages of the creation of vodka using electrochemical activation of drinking water. We have experimentally established the dependence rate of achievement of thermodynamic equilibrium and its character of aqueous-alcoholic systems, through rational waveforms hydroxyl group protons of ethanol and water, to stabilize their positions. The study has proved that steady equilibrium is characterized by the presence of combined unitary signal EtOH+H_2O in hydroxyl group ($\Delta\delta$=0 ppm). Unsteady equilibrium is characterized by the presence of two separate signals of EtOH and H_2O in hydroxyl group. Methods: ^{1}H NMR-spectroscopy; methods of evaluation of physicochemical and organoleptic characteristics of water, ethanol, aqueous-alcoholic mixtures, vodkas.

Keywords: *aqueous-alcoholic mixture, vodka, ^{1}H NMR spectroscopy, hydroxyl protons, electrochemical activation.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. На сьогодні ^{1}Н ЯМР-спектроскопія є найбільш популярною серед спектроскопічних методів за рахунок своєї простоти та повноти інформації, тим самим прискорюючи хімічні дослідження, особливо в харчовій промисловості.

З моменту отримання перших ^{1}Н ЯМР-спектрів води та етанолу пройшло більше 60 років, але й сьогодні є багато праць [1–9] із дослідження цих зовні простих систем, які демонструють складну та різноманітну поведінку. Зокрема ^{1}Н ЯМР-спектроскопія є високочутливим засобом для дослідження рівноваги в розчинах. Оскільки одним з основних процесів, що забезпечують стабільні та прогнозовані характеристики горілчаних виробів, є встановлення рівноважного стану розчину спирту у воді, для виявлення впливу способу попередньої підготовки води ми використали саме цей метод.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Гідроксильний протон етанолу може обмінюватися з вільними іонами H^+ в матриці, які генеруються за рахунок дисоціації води, або слідовими кількостями кислоти [7; 10; 11]. Швидкість обміну пропорційна числу вільних іонів H^+ [11], тому фактичне розташування центру ^{1}Н ЯМР сигналу, що в цьому випадку є усередненим для рухливих форм протонів, залежить від

різниці в хімічних зсувах протонів двох середовищ – води та спирту (та відповідно зважених мольною часткою) [9].

На наш погляд, установлення рівноважного стану розчину завдяки ^{1}H ЯМР може стати дієвим засобом контролю за ефективністю використання технічних рішень у процесі виробництва горілки.

Мета статті – з використанням методу ^{1}H ЯМР-спектроскопії дослідити механізм установлення термодинамічної рівноваги – релаксації водно-спиртових сумішей (ВСС) на основних етапах створення горілки при використанні ЕХА питної води в діафрагмовому електролізері.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для проведення досліджень використовували такі прилади, матеріали та сировину:

– Фур'є-ЯМР-спектрометр Bruker Avance II – 400 МГц (рис. 1*c*);

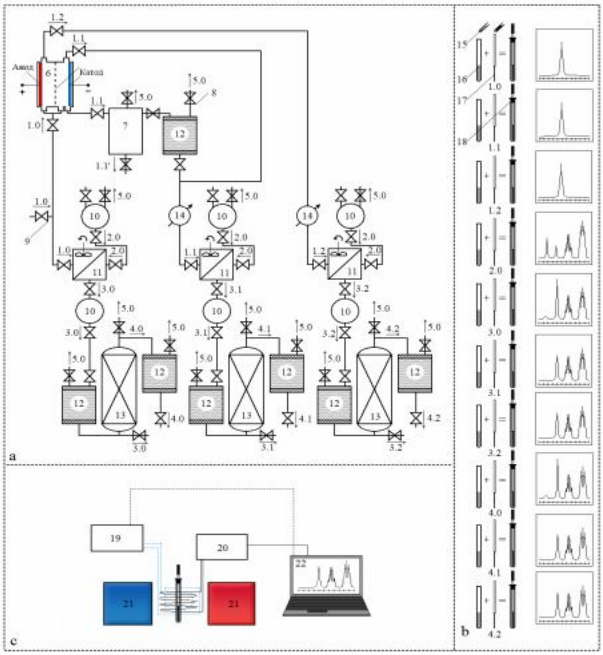

Рис. 1. Схема проведення дослідження: a – принципова схема експериментального стенда; b – схема пробопідготовки для ^{1}H ЯМР-дослідження; c – блок-схема ^{1}H ЯМР-спектрометра; 1–5 – потоки (зразки); 6–14 – технологічне обладнання; 15–22 – лабораторне обладнання

– дозатор (15); ампули 5 мм зі зразками (16); капіляри з дейтероацетоном – зовнішній стандарт та сигнал для системи LOCK'a (ДАЦ) (17); ампули з капіляром (18) (рис. 1*b*);

– вода питна за ГОСТ 2874-82 «Вода питна. Гігієнічні вимоги і контроль за якістю»; вода питна – католіт; вода питна – аноліт (табл. 1);

– спирт етиловий ректифікований (СЕР) класу «люкс» (табл. 2) за ДСТУ 4221:2003 «Спирт етиловий ректифікований. Технічні умови»;

– ВСС на воді деіонізованій (контроль) та СЕР класу «люкс»; ВСС на воді питній; ВСС на католіті; ВСС на аноліті (табл. 3);

– ВСС (горілка за ДСТУ 4256:2003 «Горілки і горілки особливі. Технічні умови») на СЕР та воді питній після обробки активним вугіллям (АВ); ВСС на католіті після АВ; ВСС на аноліті після АВ (табл. 4).

Таблиця 1

Характеристика води

Показник	Вода питна (1.0)	Вода після ЕХА – католіт (1.1)	Вода після ЕХА – аноліт (1.2)
Сухий залишок, мг/дм^3	874,0	508,5	687,5
Рівень pH	6,91	9,84	2,40
ОВП, мВ	+269,0	–182,5	+427,0
Твердість загальна, ммоль/дм^3	8,04	0,47	4,67
Лужність загальна, ммоль/дм^3	5,38	5,18	0,00

Таблиця 2

Характеристика СЕР класу «люкс»

Показник	Значення
Об'ємна частка етанолу, при T=293 K, %	96,37
Масова концентрація (МК) альдегідів, мг/дм^3	1,28
МК сивушних масел, мг/дм^3	1,47
МК естерів, мг/дм^3	1,30
Об'ємна частка метанолу, %	0,0022

Таблиця 3

Характеристика ВСС

Показник	ВСС на воді питній (3.0)	ВСС на католіті (3.1)	ВСС на аноліті (3.2)
Об'ємна частка етанолу, %	39,94	40,00	39,90
МК альдегідів, мг/дм^3	1,49	1,72	1,75
МК сивушних масел, мг/дм^3	1,07	1,52	1,25
МК естерів, мг/дм^3	1,24	1,58	1,72
Об'ємна частка метанолу, %	0,0021	0,0020	0,0021
Рівень pH	8,32	11,60	3,01
ОВП, мВ	+37	–134	+212
Лужність, см^3	2,50	2,20	0,00
Дегустаційна оцінка, бали	9,43	9,48	9,36
Зовнішній вигляд	безбарвна рідина		
	без осаду	із сильним осадом	
Запах	різкий спиртовый		
Смак	важкий	гірко-солодкий	кисло-гіркий

Таблиця 4

Характеристика ВСС (горілки) після обробки АВ

Показник	ВСС на воді питній після АВ (4.0)	ВСС на католіті після АВ (4.1)	ВСС на аноліті після АВ (4.2)
Об'ємна частка етанолу, %	39,85	39,80	39,83
МК альдегідів, мг/дм^3	2,24	2,74	3,88
МК сивушних масел, мг/дм^3	1,42	1,30	1,49
МК естерів, мг/дм^3	1,55	2,00	2,58
Об'ємна частка метанолу, %	0,0024	0,0024	0,0024
Рівень pH	8,84	8,83	2,82
ОВП, мВ	+145	+102	+418
Лужність, см^3	2,5	2,5	0,0
Дегустаційна оцінка, бали	9,70	9,66	9,64
Зовнішній вигляд	безбарвна рідина без осаду		
Запах	характерний спиртовий		
Смак	м'який, повний	м'який, надмірно насичений	важкуватий

На рис. 1*а* наведено принципову схеми розробленого для цього дослідження експериментального стенда з діафрагмовим електрохімічним реактором.

Вода питна (1.0) через відкритий кран (9) надходить на дві лінії – лінію підготовки води ЕХА та лінію приготування ВСС. На лінії підготовки ЕХА вода потрапляє до електрохімічного реактора (6), анодний і катодний простір якого розділено пористою діафрагмою. Проникнення електронів у воду відбувається біля катода, а видалення електронів із води – біля анода, що приводить до утворення католіта (1.1) й аноліта (1.2).

У результаті електрохімічних реакцій у катодній камері утворюються важкорозчинні карбонати кальцію і магнію, а також гідроксиди важких металів і заліза. Для зливання та фільтрації концентрату католіта (1.1') є додаткова лінія з приймальною ємністю (7), пісочним фільтром (12) та повітряними кранами (8) для видалення повітря (5.0).

Таблиця 5

Характеристика основних етапів та режимів виробництва горілки

Етап	Найменування режиму виробництва	Значення
ЕХА води	τ_1 – час обробки води ЕХА, с	2400
	T_0 – температура води на лінії 1.0, К	290
	$T_{1\text{-}2}$ – температура води ЕХА (католіт, аноліт) на лініях 1.1–1.2, К	305
	I – сила току, А	1,818
	U – напруга живлення, В	220
	P – потужність споживання, Вт	400
Охолодження	$T'_{1\text{-}2}$ – температура води після охолодження на лініях 1.1–1.2, К	290
Перемішування ВСС	T_3 – температура СЕР на лінії 2.0, К	285
	τ_2 – час перемішування ВСС, с	1200
	n_1 – частота обертання вала, об/с	11,5
Фільтрація та обробка ВСС АВ	T_4 – температура ВСС, К	295
	$d_{ср.п.}$ – середній розмір часток кварцового піску, м	$0{,}5\cdot10^{-3}$
	$d_{ср.АВ}$ – середній розмір часток АВ, м	$2{,}3\cdot10^{-3}$
	τ_3 – час обробки ВСС АВ, с	3600
	W_0 – середня швидкість потоку в порових каналах шару АВ, $м^3/с$	$4{,}35\cdot10^{-4}$
Витримування	τ_4 – час витримування горілки, с	$24\cdot60^2$

Процес ЕХА супроводжується підвищенням температури води до $T_{1\text{-}2}$=305 К, що для виготовлення ВСС є неприпустимим, тому потоки води (1.1, 1.2) додатково охолоджуються за допомогою чилера (14).

На лінії підготовки ВСС із напірних ємностей (10) до сортувальних ємностей (11) подається СЕР (2.0), а потім – вода (1,0–1.2), де вони перемішуються за допомогою швидкохідних пропелерних мішалок. У процесі перемішування відбувається стискування (контрактація) загального об'єму ВСС із виділенням теплоти. Після перемішування за допомогою аналізатора щільності «Anton Paar DMA 4500» визначається міцність ВСС, у разі відхилення від заданої її коригують, повторно перемішують та проводять відбір проб (3.0–3.2).

Після перемішування ВСС потрапляє до напірних ємностей (10), після чого фільтрується пісочними фільтрами (12) та обробляється АВ у адсорберах (13). Для звільнення від дрібних часток вугілля ВСС (горілку) знову фільтрують та проводять відбір проб (4.0–4.2). Характеристику основних етапів та режимів виробництва горілки подано в табл. 5.

Методика ^{1}Н ЯМР-дослідження: за допомогою дозатора (15) в ампулу (16) подається досліджуваний зразок. Необхідний для роботи системи LOCK'a – дейтерієвої стабілізації ЯМР спектрометра ДАЦ – зовнішній стандарт, відокремлений від досліджуваної речовини, вноситься до ампули (16) в капілярі спеціальної форми (17); відповідно до методики запису ^{1}Н ЯМР-спектрів записується спектр зразка в ДАЦ (18). Отримані первинні матеріали-спади вільної індукції обробляли за допомогою програми Bruker TopSpin v2.6.

На рис. 2 зображено одномірні ^{1}Н ЯМР-спектри гідроксильних протонів досліджуваних речовин, з урахуванням хімічного зсуву.

У дослідженнях використовували СЕР класу «люкс» з об'ємною часткою етанолу – 96,37% та води – 3,63%, тому ^{1}Н ЯМР-спектри ОН-протонів СЕР представлено двома роздільними сигналами етанолу EtOH та води H_2O (рис. 2*a*). Компонента EtOH – симетричний синглет із розширеною основою і вершиною правильної форми з хімічним зсувом δ_{EtOH}=5,65 м. ч. Компонента H_2O – синглет із δ_{H2O}=4,85 м. ч. Різниця в хімічних зсувах між EtOH і H_2O дорівнює 0,80 м. ч.

У ^{1}Н ЯМР-спектрі води питної (рис. 2*b1*) є єдиний сигнал у вигляді синглету з розширеною основою і вершиною неправильної форми при δ_{H2O}=4,60 м. ч. ^{1}Н ЯМР-спектри води питної після ЕХА: аноліт – синглет із δ_{H2O}=(4,50; 4,48, два зразки) м. ч. (рис. 2*b2*); католіт – синглет із δ_{H2O}=(4,19; 4,18, два зразки) м. ч. (рис. 2*b3*). Відносно питної води аноліт має зміщення гідроксильного протона в «сильне поле» на середню величину $\Delta\delta$=0,110 м. ч., католіт має зміщення в «сильне поле» на $\Delta\delta$= 0,415 м. ч.

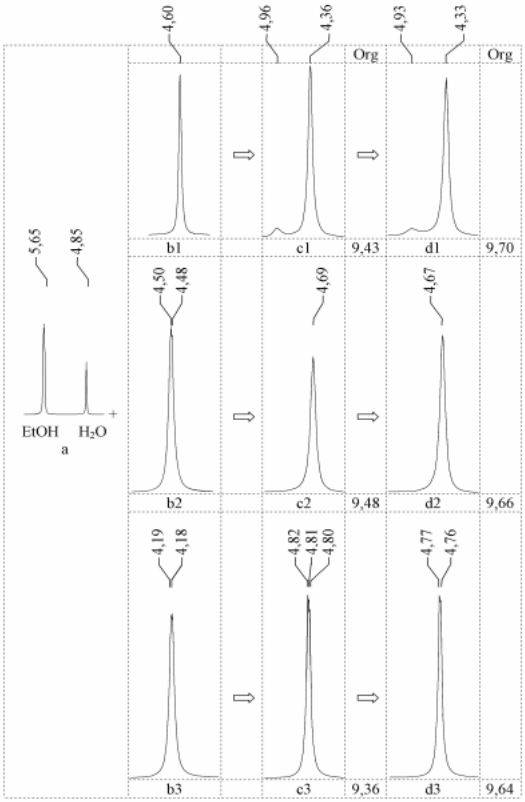

Рис. 2. ^{1}H ЯМР-спектри гідроксильних протонів: a – СЕР; b – води питної; c – ВСС на СЕР та воді пигній; d – ВСС після обробки АВ; у процесі: 1 – без обробки (контроль); 2 – ЕХА (аноліт); 3 – ЕХА (католіт)

Для виробництва горілок із СЕР класу «люкс» вода підготовлена повинна відповідати вимогам СОУ 15.9-37-237:2005 «Вода підготовлена для лікеро-горілчаного виробництва. Технічні умови» та мати такі характеристики: сухий залишок – не більше 350 мг/дм^3; водневий показник – від 6,0 до 8,0 од. pH; твердість загальна – не більше 0,1 ммоль/дм^3; лужність загальна – від 1,0 до 2,0 ммоль/дм^3. Вода, що є предметом дослідження, загалом (табл. 1) не задовольняє вимогам горілчаного виробництва за фізико-хімічними показниками і потребує підготовки. Наші дослідження були спрямовані на з'ясування внутрішніх аспектів установлення рівноваги ВСС при використанні ЕХА та визначення

перспективності її використання як одного з попередніх етапів водопідготовки. Установлено, що зразки аноліта і католіта характеризуються різкими змінами рівня pH і ОВП відносно первинних значень: під час анодної електрохімічної обробки водневий показник характеризується значно більш кислотною реакцією (pH=2,40); ОВП збільшений до позитивних (окислювальних) значень (ОВП=+427 мВ); під час катодної – рівень pH=9,84 набуває більш лужну реакцію; ОВП зменшений до негативних (відновних) значень (ОВП= – 182,5). Таким чином, електрохімічні реакції, що перебігають в анодній та катодній камерах діафрагмового електролізера, приводять до зміни всієї системи міжмолекулярних взаємодій, при цьому різні зарядові стани молекул в аноліті та католіті приводять до відмінностей в електронному розподілі, що позначається на значеннях хімічних зсувів ОН-протонів.

Під час змішування СЕР класу «люко» (рис. 2*a*) з водою питною (рис. 2*b1*) утворюється ВСС (рис. 2*c1*), ^{1}H ЯМР-спектри якої представлено двома сигналами гідроксильних протонів EtOH та H_2O. Компонента EtOH зображена у вигляді опуклості, яка знаходиться в «слабкішому полі» з δ_{EtOH}=4,96 м. ч., компонента H_2O має вигляд симетричного синглету з δ_{H2O}=4,36 м. ч. Різниця в хімічних зсувах між EtOH і H_2O становить $\Delta\delta$=0,60 м. ч.

У разі створення ВСС (рис. 2*c2*) на СЕР класу «люко» (рис. 2*a*) з анолітом (рис. 2*b2*) протонні спектри представлені одним сумарним синглетом – EtOH+H_2O із розширеною основою і вершиною правильної форми та $\delta_{EtOH+H2O}$=4,69 м. ч. Упроцесі обробки АВ ВСС (рис. 2*c3*) на католіті (рис. 2*b3*) компонента характеризуються одним сумарним піком – EtOH+H_2O представленим у вигляді симетричного синглету з $\delta_{EtOH+H2O}$=(4,82; 4,81; 4,80) м. ч. Форма сигналу EtOH+H_2O є викривленою гаусовою, з розширеною основою і певною асиметрією вершини, яка має один головний високопольний пік та два додаткових низькопольних піки. Таким чином, отримана ВСС на питній воді з рівнем pH=6,91 і СЕР класу «люко» має рівень pH=8,32, що відповідає зниженій концентрації іонів гідроксонію H_3O^+ відносно іонів гідроксилу OH^-. При постійній концентрації спирту у ВСС (об'ємна частка етанолу – 39,94%) і термостатуванні системи прід час ^{1}H-досліджень (T=296,5 K), швидкість обміну EtOH знаходиться в проміжній області, з можливістю роздільного спостереження сигналів.

За рахунок ЕХА при створенні ВСС на аноліті з рівнем pH=2,40 і СЕР класу «люко» отримана ВСС має рівень pH=3,01, що характеризує кисле середовище. ВСС на католіті з рівнем pH=9,84 має сильно лужне середовище (pH=11,60). Ці полярні співвідношення концентрацій H_3O^+ до OH^- для аноліта та католіта приводять до перебудови структури в системі

спирт/вода, тому протонний обмін прискорюється і спостерігається тільки один загальний сигнал рухливих протонів EtOH+H_2O несиметричної форми. При цьому ЕХА води інтенсифікує окислювально-відновні реакції під час створення ВСС за рахунок збільшення МК альдегідів та естерів (табл. 3). Альдегіди представлені ацетальдегідом, що утворюється за рахунок окислення етанолу киснем. Естери представлені етилацетатом, за рахунок окислення киснем частини ацетальдегіду до оцтової кислоти та взаємодією частини оцтової кислоти з етанолом до утворення етилацетату.

Після обробки АВ ВСС на воді питній (рис. 2*d1*) отримана горілка характеризується двома сигналами гідроксильних протонів EtOH та H_2O. Компонента EtOH подана у вигляді опуклості, яка знаходиться в «слабкішому полі» із δ_{EtOH}=4,93 м. ч., компонента H_2O має вигляд симетричного синглету з δ_{H2O}=4,33 м. ч. Різниця у хімічних зсувах між EtOH і H_2O становить $\Delta\delta$=0,60 м. ч. У процесі обробки АВ ВСС на аноліті (рис. 2*d2*), ^{1}H ЯМР-спектри ОН-групи характеризуються одним сумарним піком EtOH+H_2O у вигляді симетричного синглету з хімічним зсувом $\delta_{EtOH+H2O}$=4,67 м. ч. Під час обробки АВ ВСС на католіті (рис. 2*d3*), яка характеризується одним сумарним піком - EtOH+H_2O, представленим у вигляді симетричного синглету з $\delta_{EtOH+H2O}$=(4,77; 4,76) м. ч. Форма сумарного сигналу – викривлена гаусова з розширеною основою і вершиною, яка має один головний високопольний та додатковий низькопольний піки.

Згідно з ДСТУ 4256:2003 «Горілки і горілки особливі. Технічні умови» горілка із СЕР класу «люкс» повинна відповідати таким показникам: МК альдегідів у перерахунку на оцтовий альдегід – не більше 4 мг/дм^3; МК сивушного масла в перерахунку на суміш пропілового, ізобутилового та ізоамілового спиртів – не більше 4 мг/дм^3; МК естерів у перерахунку на оцтово-етиловий естер – не більше 5 мг/дм^3; об'ємна частка метилового спирту – не більше 0,01%; лужність – від 0,5 до 3,5 см^3. Цікаво, що при тому, що вода питна та вода питна після ЕХА не відповідають вимогам нормативної документації (СОУ 15.9-37-237:2005), горілка, створена на цій воді (табл. 4), відповідає вимогам ДСТУ 4256:2003, окрім лужності – для горілки на аноліті. При цьому є суттєві зміни рівня pH та ОВП у ВСС на католіті після обробки АВ та подальшого витримування. За первинного pH=11,60 для ВСС, після обробки АВ ВСС на католіті рівень pH=8,83, при цьому первинне ОВП=–134 мВ, після обробки АВ ВСС на католіті ОВП=+102 мВ. Можна стверджувати, що обробка АВ ВСС на воді ЕХА та подальше витримування горілки перед розливом (τ_4=24·60^2 с) приводять до релаксації ВСС, за рахунок якої відбувається повернення значень pH і ОВП до нових рівноважних значень із одночасною стабілізацією стану гідроксильних груп етанолу та води та усередненням сигналів.

За зовнішнім виглядом усі три зразки після фільтрації та обробки ВСС АВ є рідинами безбарвними та без осаду. Згідно з ДСТУ 4256:2003 термін придатності горілок становить 24 місяці, тому нами були проведені додаткові дослідження зразків на їх стабільність у процесі зберігання. Так, за оптимальних умов зберігання впродовж двох місяців сталися такі зміни в зовнішньому вигляді: горілка на питній воді – безбарвна рідина з великою кількістю жовтуватого, скоагульованого осаду; горілка на аноліті – безбарвна рідина з великою кількістю сіруватого, скоагульованого осаду; горілка на католіті – безбарвна рідина з невеликою кількістю білого осаду. Тобто в процесі зберігання горілок проявилися всі невідповідності, які були пов'язані з водою питною та водою питною після ЕХА вже на етапі створення ВСС.

Висновки. Установлена принципова відмінність поведінки ВСС та горілок, приготованих на воді питній та воді, що пройшла обробку ЕХА. Система з несталою рівновагою характерна для ВСС із СЕР класу «люкс» і питної води.

Система спирт/вода зі сталою рівновагою та високою мірою узагальнення протонів, а також характерними для неї швидкостями обміну, характерна для ВСС із СЕР класу «люкс» і води питної, яка пройшла ЕХА у діафрагмовому електролізері. Таким чином, у дослідженні доведено можливість та доцільність використання ^{1}Н ЯМР-спектроскопії для поточного контролю технологічного процесу створення ВСС із водою, що була піддана ЕХА. Показано, що цей метод є ефективним засобом встановлення повноти врівноваження системи спирт/вода за наявності типових для технологічних ВСС додаткових компонентів розчинів. Доведена ефективність використання ЕХА для вирішення завдань водопідготовки у виробництві горілчаних виробів.

Список джерел інформації / References

1. Albert, K. (2002), *On-line LC-NMR and related techniques*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 290 p.

2. Batta, G., Köver, K.E., Szantaz, C.J. (1997), *Methods for structure elucidation by high-resolution NMR. Application to organic molecules of moderate molecular weight*, Elsevier, Amsterdam, 357 p.

3. Holzgrabe, U., Wawer, I., Diehl, B. (2008), *NMR spectroscopy in pharmaceutical analysis*, Elsevier, Amsterdam, Oxford, 501 p.

4. Meusinger, R. (2010), *NMR-Spektren richtig ausgewertet: 100 Übungen für Studium und Beruf*, Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York, 191 p.

5. Rutledge, D.N. (1996), *Signal treatment and signal analysis in NMR*, Elsevier, Amsterdam, Lausanne, New York, Oxford, Shannon, Tokyo, 548 p.

6. Becker, E.D., Fisk, C.L., Khetrapal, C.L. (2002), The development of NMR, *Encyclopedia of nuclear magnetic resonance*, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, Vol. 1, pp. 1-154.

7. Becker, E.D. (2002), Hydrogen bonding, *Encyclopedia of nuclear magnetic resonance*, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, Vol. 4, pp. 2409-2414.

8. Oliveira, I.S., Bonagamba, T.J., Sarthour, R.S. (2007), *NMR quantum information processing*, Elsevier, Amsterdam, Oxford, 250 p.

9. Richards, S.A., Hollerton, J.C. (2011), *Essential practical NMR for organic chemistry*, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 216 p.

10. Abraham, R.J., Mobli, M. (2008), *Modelling ^{1}H NMR spectra of organic compounds: Theory, applications and NMR prediction software*, John Wiley & Sons Ltd, Wiltshire, 380 p.

11. Arnold, J.T. (2002), Early perceptions in nuclear magnetic resonance (NMR), *Encyclopedia of nuclear magnetic resonance*, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, Vol. 1, pp. 192-198.

Кузьмін Олег Володимирович, канд. техн. наук, кафедра технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування, Національний університет харчових технологій. Адреса: вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601. Тел.: (044)269-72-33; e-mail: kuzmin_ovl@ukr.net.

Кузьмин Олег Владимирович, канд. техн. наук, кафедра технологического оборудования и компьютерных технологий проектирования, Национальный университет пищевых технологий. Адрес: ул. Владимирская, 68, г. Киев, Украина, 01601. Тел.: (044)269-72-33; e-mail: kuzmin_ovl@ukr.net.

Kuzmin Oleg, Ph.D., Department of Technological Equipment and Computer Technologies of Planning, National University of Food Technologies. Address: Volodymyrska str., 68, Kyiv, Ukraine, 01601. Tel.: (044)269-72-33; e-mail: kuzmin_ovl@ukr.net.

Топольник Віра Григорівна, д-р техн. наук, проф., кафедра готельної і ресторанної справи, Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. Адреса: пров. Театральний, 28, м. Донецьк, Україна, 83050. Тел.: 0953658636.

Топольник Вера Григорьевна, д-р техн. наук, проф., кафедра гостиничного и ресторанного дела, Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского. Адрес: пер. Театральный, 28, г. Донецк, Украина, 83050. Тел.: 0953658636.

Topol'nik Vera, Dr. of Sciences, Professor, Department of Hotel and Restaurant Business, Donetsk National University of Economics and Trade named after M. Tugan-Baranovsky. Address: Theatrical pr., 28, Donetsk, Ukraine, 83050. Tel.: 0953658636.

Мирончук Валерій Григорович, д-р техн. наук, проф., кафедра технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування, Національний університет харчових технологій. Адреса: вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601. Тел.: (044)269-72-33.

Мирончук Валерий Григорьевич, д-р техн. наук, проф., кафедра технологического оборудования и компьютерных технологий проектирования, Национальный университет пищевых технологий. Адрес: ул. Владимирская, 68, г. Киев, Украина, 01601. Тел.: (044)269-72-33.

Mironchuk Valery, Dr. of Sciences, Professor, Department of Technological Equipment and Computer Technologies of Planning, National University of Food Technologies. Address: Volodymyrska str., 68, Kyiv, Ukraine, 01601. Tel.: (044)269-72-33.

Суйков Сергій Юрійович, канд. хім. наук, ст. наук. співроб., відділ хімії біологічно активних сполук, Інститут фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України. Адреса: вул. Р. Люксембург, 70, м. Донецьк, Україна, 83114. Тел.: 0507500398.

Суйков Сергей Юрьевич, канд. хим. наук, ст. науч. сотруд., отдел химии биологически активных соединений, Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко НАН Украины. Адрес: ул. Р. Люксембург, 70, г. Донецк, Украина, 83114. Тел.: 0507500398.

Sujkov Sergey, Ph.D. in Chemistry, Senior Researcher, Department of biologically active compounds, L.M. Litvinenko Institute of Physical-Organic Chemistry and Coal Chemistry NAS Ukraine. Address: R. Luxemburg str., 70, Donetsk, Ukraine, 83114. Tel.: 0507500398.

Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук Л.В. Левандовським.
Отримано 15.03.2015. ХДУХТ, Харків.

УДК 665.1.094.3:541.12

ВИЗНАЧЕННЯ СТРОКУ ЗБЕРІГАННЯ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ ПРИСКОРЕНИМ МЕТОДОМ

А.О. Демидова, О.Ф. Аксенова, І.М. Демидов

Досліджено кінетику окиснення соняшникової олії за різних температур на волюметричній установці, одержано дані щодо швидкості окиснення та самоініціювання соняшникової олії, розроблено спосіб прогнозування строків зберігання.

Ключові слова: *окиснення, прогнозування строку зберігання.*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКА ХРАНЕНИЯ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА УСКОРЕННЫМ МЕТОДОМ

А.А. Демидова, Е.Ф. Аксенова, И.Н. Демидов

Исследована кинетика окисления подсолнечного масла при разных температурах на волюметрической установке, получены данные по скорости

© Демидова А.О., Аксенова О.Ф., Демидов І.М., 2015