

ВЛИЯНИЕ МЕСТА ПРОИСХОЖДЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ИЗОТОПНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БИОФИЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

*Оганесянц Л.А., академик РАН, д-р техн. наук, проф.,
Панасюк А.Л., д-р техн. наук, проф., Кузьмина Е.И., канд. техн. наук,
Свиридов Д.А., канд. техн. наук*

Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной,
безалкогольной и винодельческой промышленности –
филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М.Горбатова» РАН,
Российская Федерация, г. Москва

Аннотация. Определение места происхождения овощей и фруктов является важным элементом в выявлении продукции недобросовестных производителей. Подлинность заявленного географического места происхождения сельскохозяйственного сырья можно определить с помощью метода изотопной масс-спектрометрии по изотопным характеристикам углерода, кислорода и водорода. В статье представлены изотопные характеристики биофильных элементов различной сельскохозяйственной продукции из разных регионов мира. Изотопные характеристики кислорода и водорода в воде из атмосферных осадков имеют зональную приуроченность, в связи с этим показано, что растительные продукты различного места происхождения имеют существенные различия изотопных характеристик кислорода и водорода водной компоненты.

Ключевые слова. Изотопная масс-спектрометрия, место происхождения, география, томаты, отношения изотопов биофильных элементов.

THE INFLUENCE OF PLACE OF ORIGIN OF PLANT PRODUCTS IN THE ISOTOPE CHARACTERISTICS OF BIOFLEX ELEMENTS

*Oganesyants L.A., academician of RAS, Dr. Sc. (Tech.), Prof.,
Panasyuk A.L., Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kuzmina E.I., Cand. Sc. (Tech.),
Sviridov D.A., Cand. Sc. (Tech.)*

All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and
Wine Industry – branch of FSBSI «V.M. Gorbatov Federal Research Center for
Food Systems» of RAS, Russian Federation, Moscow

Abstract. Determination of the place of origin of fruits and vegetables is an important element in the identification of products of unscrupulous producers. The authenticity of the declared geographical place of origin of agricultural raw materials can be determined by the method of isotope mass spectrometry on the isotopic characteristics of carbon, oxygen and hydrogen. The article presents the isotopic characteristics of biofilm elements of various agricultural products from different regions of the world. Isotopic characteristics of oxygen and hydrogen in water from atmospheric precipitation have zonal confinement, in this regard, it is shown that plant products of different origin have significant differences in the isotopic characteristics of oxygen and hydrogen of the aqueous component.

Keyword. Isotopic mass spectrometry, place of origin, geography, tomatoes, isotope ratios of biofilm elements.

Всем растениям на Земле необходима вода. В процессе роста растения участвует вода атмосферных осадков и почвенные воды. Вода поглощается корнями растения, испаряется с поверхности листьев, участвует в различных метаболических процессах, протекающих в растениях. Изотопный состав водной компоненты растения в значительной мере зависит от характеристик используемой воды. Поэтому фракционирование изотопов кислорода и водорода, происходящее в процессе формирования метеорных и грунтовых вод, имеет важное значение.

С поверхности океана непрерывно испаряется вода. Водяной пар поднимается в высокие слои атмосферы, охлаждается и, конденсируясь, выпадает в виде осадков. По мере удаления от поверхности океана происходит фракционирование изотопов кислорода и водорода [1].

Изотопный состав кислорода и водорода в растениях различается так же в зависимости от географического места их произрастания. Поскольку в пределах одного региона вся растительность питается одинаковыми в изотопном отношении природными водами (метеорные и грунтовые воды), изотопные характеристики водной компоненты овощей и фруктов должны иметь изотопные характеристики, характерные для данного региона, независимо от вида растений [2-5].

Во ВНИИПБиВП в 2015 году были проведены исследования изотопных характеристик углерода, водорода и кислорода различной растительной продукции из разных регионов мира. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты исследований изотопных характеристик растительной продукции
из различных регионов мира

№ п/п	Наименование образца	$\delta^{13}\text{C}$, ‰	$\delta^{18}\text{O}$, ‰	δD , ‰
ТУРЦИЯ				
1.	Томаты свежие	(-27,34)	(-4,04)	(-70,41)
2.	Мандарины свежие	(-27,24)	2,67	(-23,80)
3.	Мандарины свежие	(-26,21)	2,89	(-13,13)
4.	Мандарины свежие	(-26,18)	0,86	(-31,51)
МАРОККО				
5.	Томаты свежие черри	(-25,60)	3,19	(-52,50)
6.	Томаты свежие	(-25,64)	(-2,07)	(-68,58)
7.	Мандарины свежие	(-25,16)	4,39	(-13,59)

Как видно из таблицы 1, значения показателя $\delta^{13}\text{C}$ для продуктов, произведённых в исследуемых регионах мира, входят в диапазон от минус 25,16 ‰ до минус 27,34 ‰. Полученные данные свидетельствуют о принадлежности ис-

следованных продуктов к СЗ-типу фотосинтеза и согласуются с теоретическими принципами формирования изотопов углерода в растениях в зависимости от типа фотосинтеза. Это согласуется с гипотезой о некоторых различиях отношений изотопов углерода в зависимости от региона произрастания, а именно: чем ближе регион расположен к экватору, тем больше доля «тяжелого» изотопа ^{13}C в растительных продуктах. При этом изотопные характеристики элементов, отвечающих за географическое происхождение (кислород и водород), различаются, иногда значительно, в продуктах, полученных из разных регионов мира. Полученные нами значения по изотопным отношениям кислорода и водорода коррелируют с данными, представленными Европейским Союзом из различных регионов мира, опубликованные в 2015 году в официальных материалах конференции Международной организации винограда и вина [6].

Изотопные характеристики кислорода свежих фруктов, произведённых в Турции, близки между собой и входят в достаточно узкий диапазон – от 0,86 до 2,89 ‰. Изотопные характеристики водорода находятся в диапазоне от минус 13,13 до минус 31,51. Из значений данных диапазонов выходят изотопные отношения образца № 1 томатов свежих. Полученные значения показателей $\delta^{18}\text{O}$ и δD (минус 4,04 ‰ и минус 70,41 ‰, соответственно) позволяют сделать вывод о том, что при их выращивании для полива использовалось большое количество технической воды, что привело к смещению изотопных характеристик.

Характеристики отношений изотопов кислорода и водорода образца из Марокко № 6 так же смещены в сторону увеличения доли «легких» изотопов, в отличие от других образцов из этого региона. Такие характеристики говорят об использовании повышенного количества технической воды для полива.

В 2016 г. были продолжены исследования по изучению изотопных характеристик кислорода и водорода некоторых видов сельскохозяйственного сырья. Были измерены изотопные отношения кислорода и водорода товарных томатов. Заявленное производителем географическое место происхождения всех образцов – Марокко. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты исследований изотопных характеристик томатов,
производство Марокко

Наименование	$\delta^{18}\text{O}$, ‰	δD , ‰
1	2	3
Образец № 1 – томаты свежие	(-3,56)	(-70,60)
Образец № 2 – томаты свежие черри	(-2,79)	(-67,25)
Образец № 3 – томаты свежие черри	(-0,73)	(-58,37)
Образец № 4 – томаты свежие	(-4,60)	(-79,29)
Образец № 5 – томаты свежие	(-4,19)	(-75,79)
Образец № 6 – томаты свежие черри сливка	2,00	(-10,01)
Образец № 7 – томаты свежие весовые	1,68	(-34,25)
Образец № 8 – томаты свежие весовые	2,62	(-12,79)
Образец № 9 – помидоры черри на ветке в упаковке	(-1,13)	(-63,67)
Образец № 10 – томаты свежие весовые	(-3,01)	(-69,00)
Образец № 11 – томаты сливка в упаковке	(-4,54)	(-78,02)

Продолжение таблицы 2

1	2	3
Образец № 12 – томаты черри снэк стакан	1,41	(-22,62)
Образец № 13 – томаты черри в упаковке	3,79	(-10,31)
Образец № 14 – томаты свежие лоток	(-0,98)	(-55,92)
Образец № 15 – томаты свежие черри шейкер	0,34	(-39,96)
Образец № 16 – томаты свежие черри на ветке	(-1,01)	(-59,63)
Образец № 17 – томаты свежие на ветке	(-1,49)	(-56,39)
Образец № 18 – томаты свежие	1,44	(-33,67)
Образец № 19 – томаты свежие желтые в упаковке	1,86	(-37,83)
Образец № 20 – томаты свежие черри в упаковке	(-1,91)	(-66,81)
Образец № 21 – томаты черри снэк стакан	(-0,44)	(-48,88)
Образец № 22 – томаты FL лоток	(-4,68)	(-82,30)

Полученные данные по изотопным характеристикам кислорода и водорода различаются, иногда значительно. Числовые значения показателя $\delta^{18}\text{O}$ входят в очень широкий диапазон – от плюс 3,79 ‰ до минус 4,68 ‰, числовые значения показателя δD находятся в диапазоне от минус 10,01 ‰ до минус 82,30 ‰.

Изотопные характеристики кислорода большей части исследуемых образцов находятся в диапазоне отрицательных значений, при этом характеристики изотопов водорода этих образцов так же смещены в сторону меньших значений. Это позволяет сделать вывод о том, что при выращивании данных томатов для полива использовалась техническая вода, что привело к перефракционированию изотопов кислорода и водорода, что сопровождается, ухудшением потребительских свойств продукции, с другой – затрудняет установление её географического происхождения.

По результатам исследований можно сделать предварительный вывод о том, что представленные образцы томатов произведены в разных регионах. Поскольку в пределах одного региона вся растительность питается одинаковыми в изотопном отношении природными водами, изотопные характеристики кислорода и водорода водной компоненты томатов из Марокко должны иметь сходные одинаковые значения, характерные для данного региона, и входить в ограниченный числовой диапазон.

Для установления места происхождения продуктов необходимо проводить систематические исследования по изучению изотопных характеристик биофильных элементов (кислород, водород, углерод) природных вод географического региона, особенностей изотопных характеристик почвенного органического вещества, растительных тканей. Кроме того, необходимо проводить исследования по изучению влияния климатических условий года урожая, особенностей географического расположения и изотопных характеристик водной составляющей почвы для установления числовых идентификационных диапазонов с целью идентификации продуктов из конкретной географической зоны.

Литература

1. Оганесянц Л.А., Панасюк А.Л., Кузьмина Е.И., Зякун А.М. Определение экзогенной воды в винах методом изотопной масс-спектрометрии // Виноделие и виноградарство. 2013. № 5. С. 19-21.
2. Dordevic N., Wehrens R., Postma G.J., Buydens M.C., Camin F. Statistical methods for improving verification of claims of origin for Italian wines based on stable isotope ratios // *Analytica Chimica Acta*. 2012. Volume 757. P. 19-52.
3. Camin F., Dordevic N., Wehrens R., Neteler M., Delucchi L., Postma G., Buydens L. Climatic and geographical dependence of the H, C and O stable isotope ratios of Italian wine // *Analytica chimica acta*. 2015. Volume 853. P. 384-390.
4. Camin F., Bontempo L., Perini M., Tonon A., Breas O., Guillou C., Moreno-Rojas J.M., Gagliano G. Control of wine vinegar authenticity through $\delta^{18}\text{O}$ analysis // *Food Control*. 2013. Volume 29, Issue 1. P. 107-111.
5. Якуба Ю.Ф., Каунова А.А., Темердашев З.А., Титаренко В.О., Халафян А.А. Винодарные вина, проблемы оценки их качества и региональной принадлежности // *Аналитика и контроль*. 2014. № 4. С. 344-372.
6. Christoph N., Hermann A., Watcher H. 25 years authentication of wine with stable isotope analysis in the European Union – Review and outlook // *BIO Web of conferences* 5. 2015.