

DETERMINATION OF IODINE CONTENT IN LAMINARIA AND ENRICHED BERRY SAUCE

G. Deinychenko, T. Lystopad

Kharkiv State University of Food Technology and Trade

A. Vishnikin, A.-E. Tamen

Oles Honchar Dnipro National University

Key words:

Berry sauce

Algae raw material

Iodine

Microextraction

Extraction-spectrophotometric method

Article history:

Received 19.09.2019

Received in revised form

30.09.2019

Accepted 15.10.2019

Corresponding author:

T. Lystopad

E-mail:

lystopad.tamara.88@gmail.com

ABSTRACT

There was developed a technology of berry sauces using algae raw material as iodine-enrichment component. Considering the fact that the content of iodine in algae raw materials depends on a large number of factors, it is urgent to determine the content of iodine, both in algae raw materials and in the finished product. The subjects of the study were algae *Laminaria Digitata*, blueberry-cranberry sauce with viburnum juice with iodine-containing additive and control samples. Available standardized methods, most commonly used in research, have a number of disadvantages, in particular, the large volume of organic solvent used in a single assay, which significantly reduces the sensitivity of determination and does not meet current principles of “green chemistry”.

A method for the determination of iodine in algae raw materials was developed, in which the use of organic solvent was minimized — the proposed method uses 1 ml of organic solvent instead of 10 ml, which are offered by the standard. In addition, the sensitivity of the developed methodology is two orders of magnitude higher than standard. According to this method, it was found that the content of iodine in kelp algae ranges from 0.232 to 0.272%, which agrees well with the literature. Mathematical calculations show that the use of up to 100 g of the developed sauce using these algae will satisfy the daily requirement of man for iodine.

Studies have been performed that confirmed the calculated data. Determination of iodine content in sauces was carried out according to the existing methodological guidelines, with the introduction of a number of modifications in the method, which is related to the individual characteristics of the sample. However, this technique is too time consuming, has a number of disadvantages already mentioned above. Therefore, it is further proposed to establish the possibility of using the developed methodology for algae raw materials as a technique for the analysis of sauces.

ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ЙОДУ В ЛАМІНАРІЇ ТА ЗБАГАЧЕНОМУ НЕЮ ЯГІДНОМУ СОУСІ

Г. В. Дейниченко, Т. С. Листопад

Харківський державний університет харчування та торгівлі

А. Б. Вишнікін, А.-Е. Тамен

Дніпровський національний університет ім. О. Гончара

У статті розроблено технології ягідних соусів з використанням водоростевої сировини як йодозбагачувального компонента. Зважаючи на той факт, що вміст йоду у водоростевій сировині залежить від значної кількості факторів, актуальним є питання встановлення вмісту йоду як у водоростевій сировині, так і в готовому продукті. Об'єкти дослідження — водорість ламінарії, чорнично-журавлиний соус із соком калини з ламінарією та контрольні зразки. Доступні стандартизовані методи, що найбільш часто використовуються при дослідженнях, мають ряд недоліків, зокрема використання великого обсягу органічного розчинника, який використовується в одному аналізі, що значно зменшує чутливість визначення і не відповідає сучасним принципам «зеленої хімії».

Розроблено мікроекстракційно-спектрофотометричну методику визначення йоду у водоростевій сировині, при якій використання органічного розчинника було зведено до мінімуму — запропонований спосіб використовує 1 мл органічного розчинника замість 10 мл, які запропоновані за стандартом. Крім того, чутливість розробленої методики на два порядки більша, ніж стандартної. За цією методикою встановлено, що вміст йоду у водоростях ламінарії коливається в межах від 0,232% до 0,272%, що добре узгоджується з літературними даними. Розрахункові дослідження свідчать, що вживання до 100 г розробленого соусу з використанням зазначених водоростей дасть змогу задовольнити добову потребу людини в йоді.

Проведено дослідження, що підтверджують розрахункові дані. Визначення вмісту йоду в соусах проводилось за існуючими методичними рекомендаціями з введенням у методику виконання ряду модифікацій, що пов'язано з особливостями зразка. Однак ця методика занадто трудомістка та має ряд недоліків, тому в подальшому запропоновано встановити можливість використання розробленої мікроекстракційно-спектрофотометричної методики для водоростевої сировини як методики для аналізу соусів.

Ключові слова: *ягідний соус, водоростева сировина, йод, мікроекстракція, мікроекстракційно-спектрофотометричний метод.*

Постановка проблеми. Одним із найбільш вагомих факторів, що негативно впливає на стан здоров'я людей, є незбалансований харчовий раціон, який на тлі екологічних проблем може стати причиною виникнення доволі серйозних порушень у роботі організму людини. Йододефіцит займає місце в першій десятці наслідків незбалансованого харчування [1].

Йод бере участь у будові гормонів щитоподібної залози (тироксину, трийодтирозину) і є їх незамінним компонентом [2]. Брак йоду в харчових раціонах призводить до стократної вразливості до радіаційно-індукційних захворювань щитоподібної залози, що є вкрай небезпечним в умовах радіоактивної забрудненості, що нині спостерігається на значних територіях [3—4].

За даними світової статистики, в усьому світі близько 740 млн людей страждають від йододефіцитних розладів, крім того, за різними оцінками, понад 2 млрд піддаються ризику їх розвитку. Україна належить до країн, де ризик йододефіцитних захворювань дуже високий. 80% українських дітей мають ризик захворіти внаслідок йододефіциту [5].

Дефіцит йоду — найбільш розповсюджена, за даними світової статистики, причина враження головного мозку й психічних розладів та єдина, якій можна запобігти [6]. Хоча кретинізм — найбільш крайнє вираження дефіциту йоду, став дуже рідкісним і навіть зник у Європі, значно більшу стурбованість викликають більш тонкі ступені розумових розладів, пов'язаних із йододефіцитом, які призводять до поганої успішності в школі, зниження інтелектуальних здібностей і порушення працездатності. У суспільних групах з дефіцитом йоду може втрачатися від 10 до 15 балів IQ порівняно з аналогічними, але не йододефіцитними групами населення.

ЮНІСЕФ та ВООЗ рекомендують такі норми вживання йоду на добу: 90 мкг для вікової групи до 5 років, 120 мкг для вікової групи 6—12 років, 150 мкг для підлітків і дорослих, 250 мкг для жінок під час вагітності і лактації [7; 8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розробкою шляхів вирішення проблеми браку йоду в харчуванні людей займалась значна кількість вітчизняних і зарубіжних науковців, зокрема Т. П. Ахмедова, Г. А. Герасимов, В. Н. Корзун, М. І. Пересічний, С. Ю. Сухиніна, М. Д. Тронько, В. В. Шахтарін, F. J. Varba, B. S. Hetzel, V. Mannar, B. Moinier, B. Karanfilski та інші. Найбільш вивченим і широко вживаним варіантом є введення до харчових раціонів йодованої кухонної солі. Проте інші варіанти збільшення споживання йоду стануть все більш важливими протягом найближчих кількох років у результаті прийнятої багатьма країнами політики зменшення споживання солі до 5 г на добу для запобігання гіпертонії та серцево-судинних захворювань. Це потенційно спричиняє суперечність між двома основними цілями: зниження середнього споживання кухонної солі населенням і боротьба з дефіцитом йоду через йодування солі [5; 9].

Натепер існують варіанти йодування таких продуктів, як хліб, молоко, плавлені сири, олія тощо. Однак вони мають ряд недоліків. Наприклад, йодування хлібу виявило свою ефективність лише в регіонах з помірним і легким дефіцитом йоду, вживання йодованих молочних продуктів не може бути рекомендоване людям, що мають неперетравлюваність молочних білків [10—13].

Крім того, необхідно звернути увагу на те, що більшість запропонованих варіантів йодування продуктів відбувається шляхом додавання неорганічного йоду. Як показують численні дослідження, найважливішим недоліком засто-

сування неорганічних сполук йоду є те, що організм не бере участь у регулюванні надходження цих сполук у щитовидну залозу. В цьому випадку надмірне надходження йодидів обумовлює високий ступінь йодування тиреоглобуліна, що спричиняє токсичну дію на епітеліальні клітини та ушкоджує їх. На відміну від неорганічних сполук, органічні сполуки йоду всмоктуються в кількостях, що є необхідними, а їх надлишок, за участю гормонів печінки, виводиться з організму [1].

Аналітичний огляд літератури дав змогу виявити, що найбільша кількість органічного йоду міститься в гідробіонтах, лідерами серед яких є істівні бурі морські водорості. Відомо, що в них до 95% йоду знаходиться у вигляді органічних сполук, крім того, загальний його вміст може сягати сотень міліграмів на один грам водорості [14; 15].

Зважаючи на той факт, що вживання декількох грамів водоростей здатне задовольнити добову потребу людини в такому мікронутрієнті, як йод, їх можна використовувати як харчові добавки для йодування харчових продуктів.

Авторами цієї статті були розроблені технології ягідних соусів з використанням водоростевої сировини як йодвміщуючої добавки [16; 17]. Запропоновані технології дають змогу отримати соуси зі зменшеним вмістом насичених вуглеводів за рахунок відсутності у складі крохмалю та використання зменшеної кількості цукру білого та розширити асортимент продукції, що виробляється закладами ресторанного господарства та випускається харчовою промисловістю. Але, що найголовніше, реалізація цих технологій дасть змогу отримувати біологічно цінний продукт з підвищеною харчовою цінністю завдяки значному вмісту в ньому флавоноїдів та органічного йоду.

Під час оцінки харчової та біологічної цінності збагачених продуктів, важливо враховувати вплив технологічної обробки, оскільки це може призвести до втрат поживних речовин. Крім того, необхідно враховувати той факт, що вміст йоду у водоростях навіть одного й того ж виду може значно варіюватися залежно від багатьох факторів і врахувати їх всіх неможливо.

Метою дослідження є визначення вмісту йоду у водоростевій сировині та в готовому соусі, збагаченому водоростевою сировиною, а також аналіз втрат цього компоненту під час технологічної обробки.

Викладення основних результатів дослідження. Об'єктами дослідження були морська бура водорість *Laminaria Digitata*, соус чорнично-журавлинний з соком калини, збагачений водоростевою сировиною. Як контроль досліджували розроблений соус без йодвміщуючої добавки.

Для визначення йодид-іонів у різних зразках можуть бути використані кілька методів, включаючи капілярний електрофорез, вольтаметрію, газову хроматографію, іонну хроматографію, високоефективну рідинну хроматографію, а також кінетичні методи. Незважаючи на численні переваги вищезазначених методів, дуже мало з них широко застосовується через високі витрати на приладобудування, програмне забезпечення й обслуговування. Спектрофотометричні та хроматографічні методи дуже часто використовуються для аналізу йоду та різних його хімічних форм у харчових продуктах та сировині.

УФ-спектрофотометрія — один з найбільш часто використовуваних аналітичних методів, доступних у лабораторіях, має ряд важливих переваг, включаючи простоту операцій, низьку вартість та відносну швидкість і точність. На жаль, низькі концентрації видів йоду в зразках і недостатня селективність ускладнюють безпосередньо їх вимірювання спектрофотометрією. Нові методології мікроекстракції можуть змінити цю ситуацію.

Для визначення йоду запропоновано лише невелику кількість методів мікроекстракції [18; 19]. Велика перевага процедур мікроекстракції полягає в їх підвищеній чутливості, що є наслідком значного збільшення співвідношення зразка до органічної фази. Тож доцільним є розроблення нового екстракційно-спектрофотометричного методу визначення йоду в морських водоростях.

Стандартним методом визначення йодид-іонів у водоростях (ГОСТ 26185-84) є методика, що ґрунтується на окисленні йодиду до йоду нітритом натрію та подальшому його екстрагуванні бензолом. Основним недоліком цієї методики є використання великого обсягу органічного розчинника (10 мл) в одному аналізі, що значно зменшує чутливість визначення. Крім того, така кількість розчинника, що використовується, не відповідає сучасним принципам «зеленої хімії».

У запропонованому способі об'єм використаного органічного розчинника було зведено до мінімуму з метою збільшення коефіцієнта попередньої концентрації та зменшення несприятливого впливу органічного розчинника на навколишнє середовище. Щоб мінімізувати кількість екстрагенту, який використовується, було запропоновано внести зміни в конструкцію скляної кювети, яка, зазвичай, використовується в спектрофотометрії.

Запропонований спосіб заснований на перетворенні всього йоду, що міститься в морських водоростях, в йодиди шляхом спалювання при 450°C у сильнолужному середовищі та подальшому його окисленні нітритом натрію. Потім утворений у цій реакції йод екстрагується толуеном. Спектр йоду в толуені має максимум поглинання при 490 нм (рис. 1). Молярний коефіцієнт світлопоглинання йоду в толуені при цій довжині хвилі дорівнює $1050 \text{ моль}^{-1} \text{ дм}^3 \text{ см}^{-1}$.

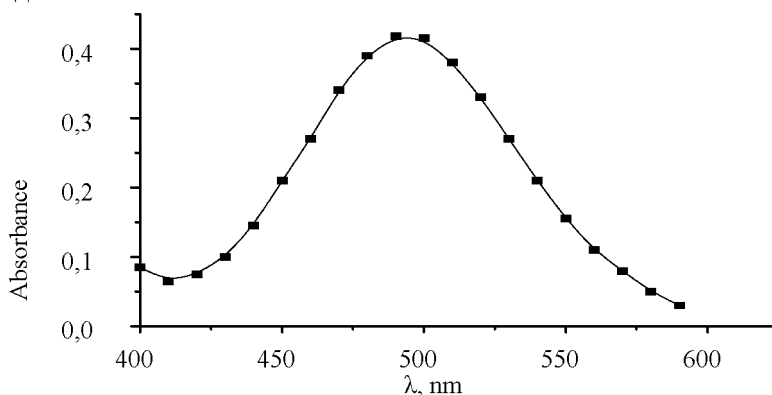


Рис. 1. Спектр екстракту йоду в толуені: $C(I_2) = 4 \cdot 10^{-4} \text{ М}$, $l = 1 \text{ см}$

Об'єм 33-відсоткового розчину КОН складав 0,2 мл. Це значення було рекомендовано у стандартному методі (ГОСТ 26185-84). Поглинання органічної фази не змінювалося за рахунок зміни об'єму 25-відсоткового розчину нітриту натрію від 0,1 до 0,25 мл. Оптимальним було обрано 0,15 мл.

Для нейтралізації гідроксиду калію необхідна сульфатна кислота. Екстракція повинна відбуватися в кислому середовищі. Крім того, необхідно стежити, щоб середовище не було занадто кислим. У кислому середовищі окислення йодиду до йоду прискорюється киснем, розчиненим у воді. Було виявлено, що якщо використовувати менше 0,2 мл 25-відсоткового розчину сульфатної кислоти, то цієї кількості недостатньо для нейтралізації лугу. Середовище залишається лужним і екстракція не відбувається (візуально екстракт залишається безбарвним). Зі зміною об'єму сірчаної кислоти з 0,2 мл до 0,5 мл світлопоглинання практично не змінювалося. Для забезпечення нейтралізації лугу як оптимального об'єму було обрано 0,30 мл 25-відсоткового H_2SO_4 .

Знайдені оптимальні умови були використані для побудови градууювального графіка для визначення йодиду (рис. 2).

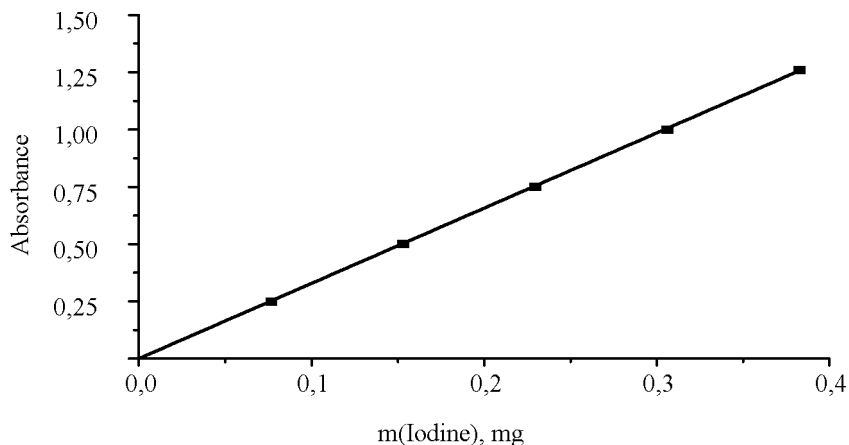


Рис. 2. Градууювальний графік для мікроекстракційно-спектрофотометричного визначення йодиду: $C(KOH) = 6,6 \text{ г/дм}^3$; $C(H_2SO_4) = 0,3\%$; $C(NaNO_2) = 0,15\%$; $V(\text{зразка}) = 10 \text{ мл}$; $V(\text{толуену}) = 1,0 \text{ мл}$; $\lambda = 490 \text{ нм}$; $L = 1,0 \text{ см}$

Методика побудови градууювального графіка для визначення йодид-іонів: у мірну пробірку об'ємом 20 мл додають розчин, що містить від 0,1 мг до 0,5 мг калій йодиду, 0,2 мл 330 г/дм³ КОН, додають воду до 10 мл, 1 мл толуену, 0,3 мл 25-відсоткового H_2SO_4 , 0,15 мл 25-відсоткового $NaNO_2$. Далі отриману суміш 30 разів струшують, екстракт і невелику кількість водної фази переносять у 5 мл пробірку для центрифугування. Центрифугують протягом 15 с зі швидкістю 5000 об/хв. Переносять органічну фазу мікрошприцом у кювету. Світлопоглинання вимірюють в кюветі з довжиною поглинаючого шару 10 мм при довжині хвилі 490 нм.

Для вимірювань малих об'ємів екстракту була модифікована скляна кювета шляхом вставки двох скелець прямокутної форми, яка зробила можливим проведення вимірювань поглинання з обсягами органічної фази менше 1 мл.

Градувальний графік був лінійним у діапазоні концентрацій йодиду від 0,01 мг до 0,5 мг у 10 мл зразка. Рівняння градувального графіка:

$$A = (3,293 \pm 0,015) \cdot C_1,$$

де A — оптична густина, C_1 — концентрація йодиду в мг на 10 мл зразка. Межа виявлення, обчислена як триразове відношення стандартного відхилення перетину до нахилу градувального графіка, дорівнювала 0,003 мг на 10 мл водного розчину (0,2 проміле (мг/л) йоду або $1,8 \cdot 10^{-6}$ моль/л). Перерахунок межі виявлення на суху масу водоростей дав значення $2 \cdot 10^{-4}\%$, що на декілька порядків краще, ніж у стандартному методі. Градувальний графік для стандартного методу визначення йодиду у водоростях будується в межах від 7 мг до 35 мг йоду на зразок. Отже, чутливість запропонованого способу на два порядки більша, ніж для стандартного способу. Запропонований спосіб використовує 1 мл органічного розчинника замість 10 мл, які запропоновані за стандартом.

Також була досліджена можливість більш ефективного концентрування йоду. Екстракцію проводили з 10 мл або 20 мл водного розчину KI, а об'єми толуену дорівнювали 0,1 мл, 0,2 мл та 0,5 мл. Було показано, що аж до 50-разового попереднього концентрування відсоток вилучення йоду був близьким до 100%. При спробі досягти 100-разового концентрування (з 10 мл водного розчину в 0,1 мл толуену) ефективність вилучення та відтворюваність значно погіршилися. У запропонованій процедурі було використано лише 10-разове концентрування.

Методика аналізу водоростей: 1 г подрібнених водоростей зважують у тиглі з абсолютною похибкою не більше 0,001 г, змочують 1 мл 330 г/л розчину гідроксиду калію. Вміст тигля висушують і обережно нагрівають в електроізоляційній печі при 450°C, періодично змочуючи водою до отримання чорно-сталевого відтінку. Золю подрібнюють скляною паличкою в порошок, заливають 8 мл дистильованої води, після чого перемішують і відфільтровують через паперовий фільтр у градуйований циліндр місткістю 20 мл. Золю промивають дистильованою водою на фільтрі, загальна кількість фільтрату не повинна перевищувати 10 мл. Потім аналіз проводять як описано вище.

Таблиця. Результати аналізу водоростей Laminaria digitata

Співвідношення йоду, %	S (S_T)	$X_{\text{конст}} \pm \Delta$, %
0,252; 0,222; 0,246; 0,280; 0,255	0,019 (7,4%)	0,252 \pm 0,020

У результаті встановлено, що вміст йоду у водоростях ламінарії коливається в межах від 0,232 до 0,272%. Результати досліджень порівнювались з результатами, отриманими за стандартною методикою за ГОСТ 26185-84. Крім того, був проведений арбітражний аналіз у лабораторії, що акредитована для такого аналізу.

Попередні розрахункові дослідження вмісту йоду в готовому соусі свідчать, що вживання до 100 г забезпечить добову потребу людини в йоді. Також були проведені експериментальні дослідження, що доводять цінність розробленого

чорнично-журавлиного соусу з гідратованою ламінарією та контрольного зразка без вмісту водоростевої сировини.

Державного стандарту для визначення вмісту йоду в соусах немає, тому для дослідження використовувались затверджені методичні рекомендації визначення масової частки йоду в харчових продуктах та сировині титриметричним методом. Проте при проведенні дослідження виявилось, що для отримання достовірного результату необхідно провести ряд модифікацій методики, описаних нижче.

Ряд наважок зразків масою в межах 10—15 г (відповідно до методичних вказівок маса наважки повинна становити близько 20 г, проте подальший експеримент виявив недоцільність використання такої кількості) змішали з відповідними кількостями (20% від маси наважки) калію вуглекислого (поташу) у фарфорових чашках. Враховуючи порівняно високий вміст води у зразках у вихідному стані, додаткове змочування суміші водою не проводили. Отримані суміші підсушили в сушильній шафі за температури 105—110°C та перенесли у муфельну піч, де проби були поступово озолено шляхом поступового збільшення температури від 150°C до 250°C. Після припинення виділення пари температуру муфельної печі піднімали на 50°C кожні 30 хв до досягнення температури 500°C. Проби витримували при цій температурі до повного озолення. Для пришвидшення процесу озолення кожні 10—15 год чашки з пробами охолоджували до кімнатної температури, їх вміст перетирали фарфоровим пестиком та змочували невеликою кількістю води, після чого зразки підсушували за температури 105—110°C та поміщали у муфельну піч, де поступово (50°C/30 хв) нагрівали до температури 500°C. Після завершення озолення проби набули вигляду білого кристалічного матеріалу з незначним блакитним відтінком. Одночасно з пробами, було озолено також наважку поташу масою 10 г.

Далі було проведено перекристалізацію отриманої золи, що містила весь йод, для вилучення нерозчинних компонентів та недогорілих частинок.

Для вилучення йодвмісних сполук із золи провели екстракцію етанолом відповідно до методичних вказівок без модифікацій. Провели шестикратну екстракцію етиловим спиртом для кожної наважки проби та наважки поташу, що озолювалась паралельно. Спиртові екстракти випарили на водяній бані. На дні випарних чашок залишився наліт білого кольору. Для переведення йодиду у йодат провели ряд процедур. Сухі залишки спиртових екстрактів змили 10 мл води (по три порції води, загальним об'ємом 10 мл) у конічні колби ємністю 50 мл. До розчинів екстрактів проб та екстракту наважки поташу додали по 7 крапель 40% сірчаної кислоти. Для окиснення йодиду у йодат у методиці передбачається додавати 0,3 мл бромної води та кип'ятити протягом 1 хвилини. При проведенні окиснення проб дослідних зразків було встановлено, що такої кількості бромної води недостатньо для окиснення всього йоду, що міститься у наважці у йодат. Частина йодиду окислюється до йоду і випаровується з розчином при кип'ятінні. При проведенні кип'ятіння доцільно відслідковувати втрати йоду шляхом поміщення над парою шматочків фільтрувального паперу, змоченого водним розчином крохмалю. При появі характерного забарвлення вважати кількість бромної води, доданої у цю пробу недостатньою і результати некоректними. Додавання додаткової

кількості бромної води та повторне кип'ятіння цієї ж проби не дозволить уникнути помилки, адже частина йоду вже звітрилась зі зразка в повітря. Було встановлено, що для наважки дослідного зразка масою 15 г необхідна кількість насиченої бромної води більша та складає 1,5 мл.

До підкислених сірчаною кислотою розчинів додали 1,5 мл бромної води та помістили на розігріту електроплитку. Після кип'ятіння розчинів протягом однієї хвилини колби зняли, охолодили проточною водою та додали у них по 10 крапель 3% розчину фенолу. Після цього у кожен колбу додали кілька кристаликів йодиду калію та відразу відтитрували розчином тіосульфату натрію з концентрацією 0,01 моль-екв/л, з використанням бюретки на 10 мл 2 класу точності.

Методичні вказівки передбачають використання розчину тіосульфату натрію з концентрацією 0,001 моль-екв/л та мікробюретки 2-2-2, проте з урахуванням вмісту йоду в зразку, використання такого розчину призводить до необхідності використання близько 100 мл титранту, що, враховуючи об'єм бюретки, значно впливає на метрологічні характеристики методу. Підвищена концентрація розчину тіосульфату натрію у 10 разів зменшує використаний об'єм титранту до значень, близьких до 10 мл, що дає змогу конкретно використати бюретку об'ємом 10 мл для обраних наважок.

За перерахунком отриманих результатів титрування окиснених екстрактів проб, окисненого екстракту поташу та ряду модельних розчинів встановлено вміст йоду в зразках ягідного соусу з ламінарією 61 ± 15 мг/100 г. Дослідження контрольного зразка продукції без додавання водоростевої сировини не виявило йоду в зразках. Відсутність йоду може бути обумовлена нечутливістю цієї методики до існуючої кількості йоду в зразку.

Отже, якщо знехтувати можливою похибкою дослідження, можна зробити припущення, по-перше, що весь йод, який міститься в готовому продукті потрапляє туди з водоростевої сировини. По-друге, провівши розрахункові дослідження, очевидним є той факт, що втрати йоду під час технологічної обробки несуттєві.

Висновки

Отримані результати підтверджують розрахункові дані стосовно вмісту йоду в розроблених ягідних соусах з водоростевою сировиною. Тож можна зробити висновок, що впровадження розроблених технологій ягідних соусів дасть змогу отримати продукт, збагачений йодом у кількостях, здатних задовольнити добову потребу людини в йоді. Однак існуючі стандартизовані методики визначення йоду в готовому продукті, навіть з удосконаленнями, мають ряд недоліків, зокрема використання великої кількості органічного розчинника, що не відповідає сучасним принципам «зеленої хімії», значна трудомісткість і похибка вимірювань. Тому доцільним є пошук інших методик дослідження розроблених йодованих продуктів.

Передбачається, що наступним етапом дослідження стане вдосконалення мікроекстракційно-спектрофотометричної методики з метою її використання для визначення вмісту йоду в ягідних соусах, оскільки існуюча доступна методика має ряд суттєвих недоліків.

Література

1. Подрушняк А. Є., Макарчук Т. Л., Кравцова Ю. В. Актуальні проблеми фортифікації та контролю якості харчових продуктів, збагачених йодом *Проблеми харчування: наук.-практ. Журн. №1(10). Ін-т екології і токсикології ім. Л. І. Медведя. К: Медицина України, 2006.*
2. Гришина Е. О., Тигаренко А. В. Вплив вітамінів та мінералів на організм людини. *Наукові записки КНТУ. Вип. 11, Ч. III, 2011. С. 240—256*
3. Проблема мікроелементів у харчуванні населення України та шляхи їх вирішення / В. Н. Корзун, І. П. Козьярин, А. М. Парац і ін. *Проблеми харчування. 2007. № 1. С. 5—11.*
4. Корзун В. Н., Сагло В. І., Парац А. М. Харчування в умовах широкомасштабної аварії та її наслідків. *Укр. мед. часопис. 2002. № 11—12. С. 99—105.*
5. Andersson M., de Benoist B., Darnton-Hill I., Delange F. Iodine deficiency in Europe: A continuing public health problem. France, Geneva: World Health Organization, 2007.
6. Оцінювання йододефіцитних захворювань та моніторинг їх усунення: Посібник для керівників програм. Третє видання. К.: «К.І.С», 2008. 104 с.
7. Recommended iodine levels in salt and guidelines for monitoring their adequacy and effectiveness. World Health Organization, ICCIDD, UNICEF. Geneva, 1996. 9 p. (WHO/NUT/96.13)
8. Andersson M, de Benoist B, Delange F, Zupan J. Prevention and control of iodine deficiency in pregnant and lactating women and in children less than 2-years-old: conclusions and recommendations of the Technical Consultation. *Public Health Nutr. 2007 Dec;10(12A):1606-11. doi: 10.1017/S1368980007361004.*
9. Aghini-Lombardi F et al. Effect of iodized salt on thyroid volume of children living in an area previously characterized by moderate iodine deficiency. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism. 1997, 82. P. 1136—1139*
10. Герасимов Г. А., Манорова Н. М., Шишкіна А. А. Опыт использования йодированного хлеба для профилактики эндемического зоба в регионе с умеренным и легким дефицитом йода. *Пробл. эндокринологии. 1997. № 2. С. 21—24.*
11. Phillips DIW. Iodine milk and the elimination of endemic goiter in Britain. *Journal of Epidemiology and Community Health, 1997, 51. P. 391—393.*
12. Сухинина С. Ю., Селятицкая В. Г., Пальчикова Н. А. Эффективность использования обогащенного йодом плавленого сыра в профилактике эндемического зоба. *Вопросы питания. 1997. № 1. С. 21—23.*
13. Simescu M. et al. Iodized oil as a complement to iodized salt in schoolchildren in endemic goiter in Romania. *Hormone Research, 2002, 58: 78—82.*
14. Barba F. J., Microalgae and seaweeds for food applications: Challenges and perspectives. *Food Research International, Volume 99, Part 3, September 2017: 969—970.*
15. Корзун В. Н. Сагло В. І., Парац А. М., Чумак А. А., Буряченко Л. Ю. Харчові продукти з водоростями як засіб мінімізації дії радіації та ендемії. *Проблеми харчування. 2004. № 1(2). С. 29—34.*
16. Дейниченко Г. В., Листопад Т. С., Колісниченко Т. О. Обґрунтування доцільності використання водоростевої сировини при виготовленні соусів із дикорослих та культивованих ягід. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь: ТДАТУ, 2018. Вип. 18. Том 1. С. 29—36.*
17. Дейниченко Г. В., Колісниченко Т. О., Листопад Т. С. Розробка технології ягідних соусів з йодвміщуючими добавками з урахуванням їх впливу на органолептичні показники. *Науковий вісник Львівського Національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького. Львів: ЛНАВМ. 2018. Т. 20. № 85. С. 107—113.*
18. Zaruba S., Vishnikin A., Andruch V. Novel vortex-assisted liquid-liquid microextraction approach using auxiliary solvent: Determination of iodide in mineral water samples. *Talanta. 2016. Vol. 149. P. 110—116.*
19. Zaruba S., Boždová V., Vishnikin A. B., Bazef'Ya. R., Šandrejová J., Gavazov K., Andruch A. Vortex-assisted liquid-liquid microextraction procedure for iodine speciation in water samples. *Microchem. J. 2017. Vol. 132. P. 59—68.*