

ადამიანის იზოტოპური შედგენილობა

ავტორი რუსუდან თედორაძე

წინა სტატიაში იმაზე ვისაუბრეთ, რომ საგანთაშორისი პრინციპები მოსწავლეს საშუალებას აძლევს, მთლიანობაში აღიქვას სამყარო, რაც პრობლემის გონივრულად გადაჭრას ემსახურება. ამ ამოცანის წარმატებით შესრულება შესაძლებელია სასწავლო პროცესში ინტეგრირებული გაკვეთილების მეშვეობით. პედაგოგს შეუძლია, შემოთავაზებული მასალა საკუთარი შეხედულებისამებრ გამოიყენოს ბიოლოგიისა და ქიმიის კურსში შესაბამისი მასალის სწავლებისას.

ადამიანის იზოტოპური შედგენილობა

ადამიანის ორგანიზმიც, როგორც ყველა მატერია, ატომებისგან შედგება, მაგრამ ეს ატომები ერთმანეთისგან განსხვავდება ელემენტარული ნაწილაკების რაოდენობით, ე. ი. ახასიათებს იზოტოპიის თვისება (ატომებს, რომლებიც ერთმანეთისგან ბირთვში ნეიტრონების რაოდენობით განსხვავდება, იზოტოპები ეწოდება). რიცხვებით ოპერირება და აღქმა რომ გაგვიადვილდეს, წარმოვიდგინოთ ადამიანი, რომლის სხეულის მასა 50 კგ-ია. ამ წონის ადამიანისთვის ნახშირბადის, წყალბადის, ჟანგბადისა და აზოტის წილად მოდის 48. 3 კგ, ხოლო დანარჩენი ნივთიერებების მასა 1, 3 კგ-ს შეადგენს. თუ ბუნებრივი იზოტოპების გავრცელების ცხრილით ვიხელმძღვანელებთ, იოლად გამოვთვლით, რომელი ნივთიერების რომელი იზოტოპებისგან შედგება ეს ჰიპოთეტური ადამიანი.

ადამიანის ორგანიზმში ყველაზე მეტია ჟანგბადი (30. 481 კგ). ეს ნიშნავს, რომ ჟანგბადი მასური რიცხვით 16 (აღინიშნება 16 0) არის 30. 4 კგ ჟანგბადის იზოტოპი მასური რიცხვით 17 (17 0) 12. 3 გრამი, ხოლო იზოტოპი მასური რიცხვით 18 (18 0) – 68. 6 გრამი. ნახშირბადი ორგანიზმში 11. 537 კგ-ია და მისი იზოტოპური განაწილება ასეთია: ნახშირბადი მასური რიცხვით 12 (12 C) – 11. 4 კგ, ხოლო მასური რიცხვით 13 (13 C) – 137 გ. წყალბადი ადამიანის ორგანიზმში ხუთ კილოგრამზე ოდნავ მეტია, აქედან მასური რიცხვით 1(1H) – 5. 0 კგ, ხოლო მასური რიცხვით 2 (2H ან D-დეიტერიუმი) – 1. 5 გ, დაბოლოს, აზოტის იზოტოპი მასური რიცხვით 14 (14N) შეადგენს 1. 3 კგ-ს, ხოლო მასური რიცხვით 15 (15N) – 5. 1 გრამს.

ამრიგად, გამოდის, რომ ადამიანის ორგანიზმში 225 გრამი მძიმე იზოტოპია. კვების მეშვეობით ადამიანი იზრდება და იმატებს წონას. ასევე კვების ხარჯზე ხდება დახარჯული ენერგიის კომპენსირება, სხეულის ტემპერატურის შენარჩუნება, ნივთიერებათა ცვლის პროცესის რეგულირება; შესაბამისად, მიმდინარეობს მძიმე

იზოტოპების მატებაც. საკვები ცილები, ცხიმები და ნახშირწყლებია, ყველა ეს ნივთიერება კი ძირითადად ზემოთ დასახელებული ოთხი ძირითადი ელემენტისგან (ჟანგბადი, წყალბადი, ნახშირბადი და აზოტი) შედგება. ყველა ორგანული ნივთიერება საბოლოო ჯამში თავის წარმოშობას მცენარეებში მიმდინარე ფოტოსინთეზს უნდა უმაღლოდეს: მცენარეები შთანთქავენ ჰაერიდან ნახშირორჟანგს, რომელიც სინათლის, წყლის, ფერმენტების (კატალიზატორების) ზემოქმედებით ცილების, ნახშირწყლებისა და ცხიმების პატარ-პატარა „აგურებად“ იქცევა. ნახშირორჟანგის ათვისება მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული, მათ შორის – ნახშირბადის კონცენტრაციაზე ჰაერში, გარემოს ტემპერატურაზე, დღის ხანგრძლივობაზე და ა.შ.

სამყაროში უფრო ფართოდაა გავრცელებული ფოტოსინთეზის მექანიზმი, რომელსაც კელვინის ციკლი (C3) ეწოდება. მას, სხვა ორისგან განსხვავებით, ნაკლები ენერგია, ე. ი. ნაკლები მზის ენერგია სჭირდება, მაგრამ გარემოში ნახშირბადის დიდ კონცენტრაციას მოითხოვს. ხემცენარეების უმრავლესობა, ბუჩქები და ბალახები სწორედ ამ გზით შთანთქავენ გარემოდან ნახშირორჟანგს.

ფოტოსინთეზის მეორე გზაა C4 (ჰეტერ-სლევის ციკლი). ამ დროს მცენარეები ნახშირორჟანგისგან თავდაპირველად ასინთეზებენ ვაშლისა და ასპარაგინის მჟავებს, რომელთა მოლეკულა ოთხ ატომ ნახშირბადს შეიცავს (სწორედ აქედან მომდინარეობს სახელწოდება C4). ეს მექანიზმი მუშაობს ჰაერში ნახშირბადის მცირე კონცენტრაციისას, მაგრამ მოითხოვს ბევრ ენერგიას. ამ მექანიზმით ახორციელებენ ფოტოსინთეზს, მაგალითად, შაქრის ლერწამი და სიმინდი.

ფოტოსინთეზის მესამე მექანიზმია CAM (Crassulacean Acid Metabolism). ზოგიერთი მცენარე, მაგალითად, კაქტუსი და ანანასი, იყენებს ნახშირბადის ათვისების კომბინირებულ გზას. მცენარეების მიერ ნახშირორჟანგის ათვისებისას კატალიზატორის როლს ასრულებენ ფერმენტები, რომლებიც ბუნებაში ფართოდ გავრცელებულ (1H, 12C, 14N და 16O) იზოტოპებთან მუშაობას „ამჯობინებენ“. ფოტოსინთეზის პროცესი და, შესაბამისად, ნახშირორჟანგის ათვისება დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, რომელთა შედეგად ბუნებრივი ორგანული ნივთიერებები ბუნებაში უფრო მეტად გავრცელებული იზოტოპებით მდიდრება. ამის გათვალისწინებით, ერთმნიშვნელოვნად შესაძლებელია არა მარტო მცენარეებისა და ნაყოფების, არამედ მათი გადამუშავების შედეგად მიღებული პროდუქტების იზოტოპური შემადგენლობის იდენტიფიცირებაც. ელემენტებს შორის მცირე იზოტოპური სხვაობა იზომება მას-სპექტროსკოპის მეშვეობით და d (დელტა) ერთეულით გამოისახება.

ფოტოსინთეზის ზემოთ ჩამოთვლილი მექანიზმებისთვის d-ს სხვადასხვა მნიშვნელობა აქვს. მაგალითად, d 13C კელვინის ციკლის დროს 21%-დან 31%-მდე მერყეობს, C4-ის დროს – 9%-დან 15%-მდე, ხოლო CAM-ის დროს – 11%-დან 28%-მდე. ამ

დიაპაზონების ცოდნა მეცნიერს საშუალებას აძლევს, არა მარტო მცენარეთა, არამედ მათი პროდუქტების შემადგენლობაც განსაზღვროს.

მოხერხებულია იზოტოპური შემადგენლობის კონტროლის მექანიზმის განხილვა თავლის მაგალითზე. ფუტკრები ნექტარს და მტვერს, წესისამებრ, C3-მცენარეებიდან აგროვებენ, ამიტომ ნატურალური თავლის d 13C არის 25%. მაგრამ თუ თავლი განზავებულია შაქრის სიროფით (შაქრის d 13C შეადგენს 10%-ს), მაშინ მისი d 13C 25%-დან 10%-მდე მერყეობს. ამგვარად შესაძლებელია არა მარტო თავლის ფალსიფიკაციის დადგენა, არამედ ყველა საკვებისა და ნახევარფაბრიკატის (ხილის წვენების, გამაგრებული სასმელების კონცენტრატების, ალკოჰოლური სასმელების და სხვ.) შემადგენლობის დაზუსტებაც.

ყველა საკვები თავისთავად ატარებს იზოტოპურ იარლიყს და ვინაიდან ადამიანი მიირთმევს საკვებს და წყალს, ბუნებრივია, ისიც ამ იარლიყის მატარებელია. აქედან გამომდინარე, საინტერესოა, რომ სხვადასხვა კონტინენტზე მცხოვრები ადამიანების d 13C მაჩვენებელი განსხვავებულია. მაგალითად, ამერიკელებისათვის ის 19%-დან 13%-მდე მერყეობს, ხოლო ევროპელებისთვის – 28%-დან 21%-მდე. ეს შემდეგნაირად შეიძლება აიხსნას: ევროპელები უმთავრესად C3-მცენარეებით იკვებებიან, ხოლო ამერიკელთა საკვების დიდი წილი C4 ტიპის მცენარეებზე მოდის.

იზოტოპების ანალიზს იყენებენ არა მარტო საკვების კონტროლისთვის, რაც, თავისთავად, ძალზე მნიშვნელოვანია, არამედ სპორტსა და მედიცინაშიც. კერძოდ, ადამიანის იზოტოპური იარლიყი საშუალებას იძლევა, გაკონტროლდეს მასტიმულირებელი პრეპარატების (დოპინგის) კვალი სპორტსმენის ორგანიზმში.

1994 წელს ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციამ ოფიციალურად დაადასტურა კოლიტის, გასტრიტის, კუჭისა და თორმეტგოჯა ნაწლავის წყლულის ინფექციური წარმოშობა. მათი გამომწვევია 1983 წელს აღმოჩენილი ბაქტერია *Helicobacter pylori* (*H. pylori*). ეს ბაქტერია დაფარულია ფერმენტ ურეაზის გარსით და ამიტომ თავისუფლად ცხოვრობს კუჭის მჟავე არეში. ურეაზა შარდოვანას ამიაკად და ნახშირორჟანგად შლის. მედიცინაში სწორედ ურეაზის ეს თვისებაა გამოყენებული არაინვაზიურული დიაგნოსტიკის დროს: პაციენტს ამონასუნთქს სტერილურ სინჯარაში ჩააბერინებენ და დალუქავენ. შემდეგ ასმევენ წვენს, რომელშიც გახსნილია 70 მგ შარდოვანა, გამდიდრებული სტაბილური ნახშირბადით (13C). ნახევარი საათის შემდეგ ისევ იღებენ პაციენტის მიერ ამოსუნთქული ჰაერის სინჯს სპეციალურ მარკირებულ სინჯარაში. თუ პაციენტი დაავადებულია, ამონასუნთქი გაჟერებული იქნება 13C ნახშირბადით; ამასთანავე, რაც მეტია კუჭში *H. pylori*, მით მეტია მარკირებული ნახშირბადის რაოდენობა. ამ ტესტს მედიკოსები „ურეაზას სუნთქვის ტესტს“ უწოდებენ. აღსანიშნავია, რომ არაინვაზიური მეთოდით დიაგნოსტიკისას სუნთქვის ტესტი ფართოდ გამოიყენება მრავალი სხვა დაავადების სადიაგნოზოდაც.

