

A ^3H ÉS ^{14}C LÁGY BÉTA-SUGÁRZÓ IZOTÓPOK EGYMÁS MELLETTI MÉRÉSE CSATORNA HÁNYAD MÓDSZERREL

CSORBA ATTILA*

Az izotóptechnikát alkalmazó tudományok területén egyre inkább tért hódító gyakorlati módszer az egyes minták két vagy esetleg több radioaktív izotóppal való megjelölése. A radioaktív bomlás statisztikus jellegéből adódóan két izotóp együttes mérése növeli az eredmények megbízhatóságát; egy időben két paraméter ismeretét teszi lehetővé. Méréstechnikai szempontból kettős jelölésre olyan izotóppárok alkalmazhatók, amelyeknek bizonyos jellemző tulajdonságai eltérést mutatnak, illetve egy mérhető tulajdonság lényegesen eltérő értéket ad a pár két tagjánál [1].

Alkalmazott mérési módszerünk az energia szelektív szétválasztásán alapuló csatorna hányad módszere [2].

Kvantitatív összefüggések:

$$A_1 = \frac{bN_1 - N_2}{b - a}, \quad B_2 = \frac{b(N_2 - aN_1)}{b - a},$$

ahol:

$$A_2 = Ax_1, \quad a = \frac{x_2}{x_1},$$

$$B_2 = By_2, \quad b = \frac{y_2}{y_1}.$$

Értelmezés: A az egyik izotóp aktivitása (cpm),
 B a másik izotóp aktivitása (cpm),
 x_1, x_2 az A aktivitású izotóp mérési határfoka a két csatornán,
 y_1, y_2 a B aktivitású izotóp mérési határfoka a két csatornán,
 N_1 az A izotópra beállított csatornán mért összes aktivitás (cpm),
 N_2 a B izotópra beállított csatornán mért összes aktivitás (cpm).

A lágy β -sugárzó izotópok mérését a szerves folyadék szcintillátorok alkalmazása, az ún. liquid-szcintillációs elv oldotta meg. Méréskor a jelzett mintát és a szcintilláló anyagot szerves oldószerben oldjuk. Az oldott anyag kis koncentrációja miatt a részecskék lényegében az oldószer molekuláit gerjesztik, amelyek az átadott energia egy részét fotonok alakjában kisugározzák. Az oldott anyag molekulái ezt

* Élelmiszeripari Műveletek és Gépek Tanszék

abszorbeálják és a fotoelektron-sokszorozóknak kedvező hullámhossz tartományban kék fényben emittálják. Ez a fotonok útján történő energia átadás csak mintegy 10%-a az energia transzfernek, az oldószer molekulák és oldott molekulák közötti közvetlen gerjesztési energia átadásnak [3, 4].

A detektálás hatásfoka javul, ha két különböző anyagot oldunk fel. A primer oldott anyagból az energia — a primer szcintillátor lumineszcencia sugárzásának abszorpciója, illetve energia transzfer útján — tovább vándorol a szekunder oldott anyagba, amely más, kedvező spektrumtartományban sugározza ki. Oldószerként — előnyös molekulaszerkezeti tulajdonságai miatt — főként alkil-aromás vegyületek, szcintillátorként pedig néhány hetero-aromás oxazol-származék bizonyult legalkalmasabbnak. Kísérleteinknél alkalmazott detektor a következő volt: oldószer toluol, primer oldott anyag, 2,5-di-feniloxazol — rövidítve PPO —, szekunder oldott anyag 2-p-fenilénbisz (4-metil, 5-feniloxazol) — POPOP.

A liquid-szcintillációs mérés technika alkalmazásánál jelentkező legsúlyosabb probléma az ún. kioltó- vagy quench-hatás. Olyan jelzett minták, amelyek csak vizes közegben oldódnak, a víz erős quench-hatása miatt csak különleges oldószerkeverékek alkalmazásával mérhetőek. Ezen minták közé tartozik a biológiai, élelmiszeripari anyagok zöme. Mivel a quench-hatás a sugárzás okozta szcintillációs spektrumot az alacsonyabb energiák irányába tolja el, alapvetően fontos a mérési hatásfok ismerete. A hatásfok megállapítás történhet csatorna arány módszerrel; két csatornán mérve a spektrumeltolódás okozta csatorna beütésszám arány értékét, egy előzetesen felvett csatorna arány-hatásfok függvény alapján közvetlenül a hatásfok olvasható le [5].

Kísérleti vizsgálatok

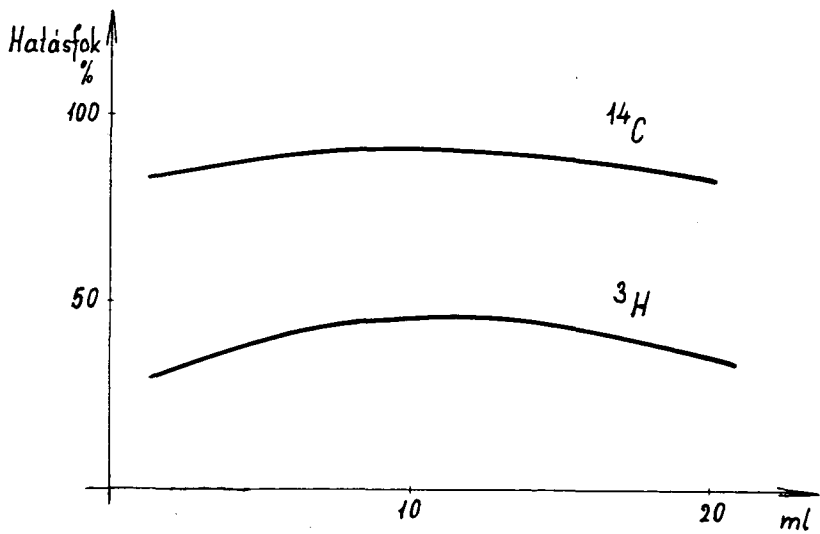
Mérésnél az első feladat az optimális csatornák kiválasztása volt. β -sugárzó izotóppárok szétválasztása a sugárzás természetéből adódóan csak széles diszkriminátor-kapuk mellett, az erősítések alkalmas megválasztásával történhet. Az optimális csatornáktól megkívántuk, hogy minél nagyobb hatásfokkal, nagy b és kis a konstans mellett tudjunk mérni.

A csatorna beállításokat a kis quench-hatást mutató standardok segítségével végeztük. Széles 5—100 V kapunyílás mellett, az erősítés változtatásával megkerestük az erősítés-hatásfok függvény maximumát. A továbbiakban az optimális erősítés mellett a kapuk változtatásával kerestünk olyan csatornákat, amelyek a fenti feltételt kielégítik. Azt találtuk, hogy a ^3H -re nézve 100%-os erősítés, 5—75 V kapunyílás a legmegfelelőbb. A ^{14}C -re pedig, 6,5% erősítés és 15—100 V-os kapunyílás. Ezekben a csatornákon az a érték 0,0045, míg b 12,42 volt.

Quenchelt minták mérési hatásfoka kisebb, megváltoznak a és b értékei. Különböző mértékben quenchelt standard sorozatok segítségével felvettük a csatorna hányados, ún. AES-érték és hatásfok függvényeket (1. ábra). A függvényről leolvasható aktuális mérési hatásfok a ^{14}C -re 72%, ^3H -re pedig 35%.

A spektrumeltolódás miatt az a , b konstans is változik a hatásfokkal. Az a konstans értékét — mivel kevésbé quenchelt minták esetén is értéke már kicsi, — nagyobb quench hatás mellett elhanyagolhatóvá válik — nem érdemes vizsgálni a hatásfok függvényében. A b konstans — AES összefüggést a 2. ábrán mutatjuk be.

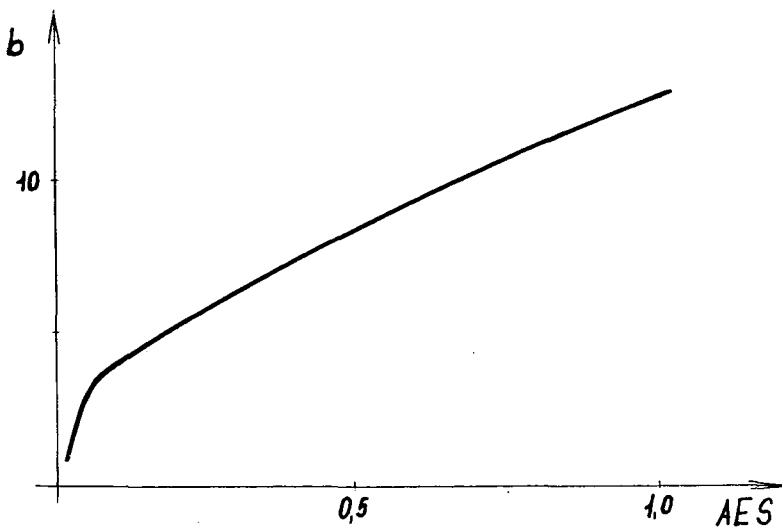
A minta térfogata is befolyásolja a mérési hatásfokot. Standardok segítségével méréseket végeztünk annak megállapítására, hogy milyen térfogat mellett kapjuk a maximális mérési hatásfokot. A 3. ábrán a ^3H és ^{14}C izotópokra kapott hatásfok-



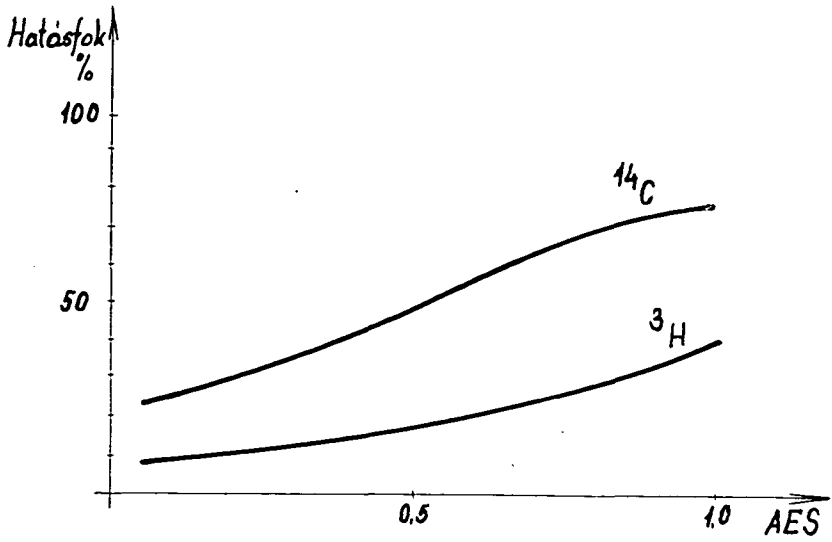
1. ábra

AES függvény látható. Leolvasható, hogy mindkét esetben 10 ml térfogat a legelőnyösebb.

A szcintillátor okozta quench-hatás tisztázására egy mérési sorozatunkban megvizsgáltuk ^{14}C -izotópra nézve a hatásfok-PPO koncentráció összefüggést. A görbéből leolvashatóan az optimális koncentráció 4 g/l. (4. ábra) A POPOP optimális koncentrációt vizsgálva azt kaptuk, hogy a hatásfok csak igen csekély mértékben változik a koncentráció változásával. Mi 0,05 g/l koncentrációt alkalmaztunk.



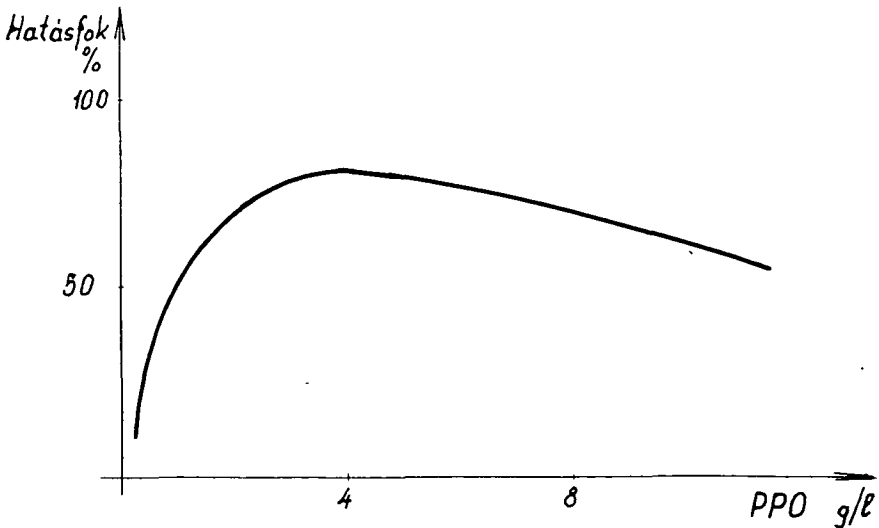
2. ábra



2. ábra

A továbbiakban az ismertetett koncentrációk alkalmazásával méréseket végeztünk a csatorna stabilitás, az aktivitás nagyság, valamint az izotóparány szerepének vizsgálatára.

A csatorna stabilitás mércéje az a és b konstansok értékeinek változása. Ezt tisztá ^{14}C és ^3H minták mérésével hosszabb időn keresztül ellenőriztük. Statisztikai számításainkat 20 mérés eredménye alapján végeztük. 10^1 — 10^4 cpm intervallumban



4. ábra

kb. 1:1 beütésszám mellett megvizsgáltuk, milyen pontosan kapjuk meg a bemért aktivitást. Méréseket végeztünk annak megállapítására is, hogy milyen beütésszám arány mellett lehet még megbízhatóan a két izotópot egymás mellett mérni. Eredményeinket az 1. táblázatban mutatjuk be.

1. TÁBLÁZAT

In vitro mérési eredmények kis quench-hatás mellett

a érték: 0,0045—0

b érték: 12,42±0,93

³ H				¹⁴ C		
Bemért cpm	Kapott cpm	%-os hiba	³ H/ ¹⁴ C arány	Bemért cpm	Kapott cpm	%-os hiba
41,0	40,2	-1,19	1:1,92	79,0	77,8	-1,51
367,2	361,5	-1,55	1:2,15	789,8	782,2	-0,96
7 208,0	7 212,8	+0,06	1:1,21	8 775,4	8 857,2	+0,93
54,4	54,3	-0,18	1:14,51	789,8	781,0	-1,11
54,4	47,2	-13,23	1:161,31	8 775,4	8 760,6	+0,25
54,4	38,6	-29,04	1:806,56	43 877,0	43 987,7	+0,25
7 208,0	7 070,2	-1,91	1:0,007	52,6	63,9	+21,48
36 040,0	34 034,0	-5,56	1:0,001	52,6	114,9	+175,47

A lineáris hígítási sor hibái nem mutatnak egyértelmű változást, elsősorban a bemérés hibáinak tulajdoníthatók. Az ellentétes hígítási sorban növekvő arány mellett nő a mérési hiba is. Az *a* konstans alacsony értéke arra utal, hogy a ³H zavaró hatása elhanyagolhatóan kicsi a ¹⁴C csatornán. A konstansok standard deviációinak kis értéke pedig stabil csatornákra utal.

Hasonló méréseket végeztünk erősen quenched minták esetében is. Eredményeinket a 2. táblázatban ismertetjük.

Összehasonlítva, a hibák általában nagyobbak, de kb. ugyanolyan aránynál még ebben az esetben is elfogadható mérési eredményeket kaphatunk.

2. TÁBLÁZAT

In vitro mérési eredmények erős quench-hatás mellett

a érték: nincs

b érték: 2,602±0,08

³ H				¹⁴ C		
Bemért cpm	Kapott cpm	%-os hiba	³ H/ ¹⁴ C arány	Bemért cpm	Kapott cpm	%-os hiba
32,8	35,7	+8,84	1:0,64	38,1	45,6	+19,68
294,3	293,8	-0,17	1:1,29	381,2	376,6	-1,20
6 579,1	6 649,8	+1,07	1:0,64	4 235,7	4 197,9	-0,89
43,6	46,9	-7,56	1:8,76	382,2	371,8	-3,22
43,6	2,9	-93,84	1:97,14	4 235,7	4 286,1	+1,18
43,6	0,0	-100,00	1:485,74	21 178,5	22 512,3	+6,29
6 579,1	6 556,8	-0,33	1:0,004	25,4	27,8	+9,44
32 895,5	32 435,2	+1,39	1:0,0007	25,4	27,8	+9,44

Összefoglalás

Munkánkban feladatul tűztük ki, hogy adatokat szerezzünk a ^3H , ^{14}C izotóppárral jelölt minták megbízható mérésére.

Megállapíthatjuk, hogy a ^3H , ^{14}C izotóppár egymás melletti mérése könnyen megoldható. A választott csatornák stabilitása megbízható, ez tulajdonképpen a mérés előfeltétele. A két izotóp aránya viszonylag széles határok között mozoghat, a $^3\text{H}:^{14}\text{C}$ még 200:1 is lehet, a $^{14}\text{C}:^3\text{H}$ azonban 100:1-nél eredményeink alapján ne legyen nagyobb. Quenchelt minták esetén (biológiai, élelmiszeripari anyagok vizes fázisban) általában nő a mérési hiba lehetősége, de az a és b értékek gyakori ellenőrzése, előválasztott impulzusszámig történő mérés ilyen esetben is kielégítő pontosságot biztosít.

IRODALOM

1. Kahn B.—Lyon W. S.: Use of scintillation spectrometer in radiochemical analysis. *Nucleonics*, **11**, 61, 1963.
2. Blum, A. S.: Simultaneous determination of radiochemical mixtures. *Nucleonics*, **14**, 64, 1956.
3. Peterson, R. E.: Proceedings of the symposium on advances in tracer applications of tritium. 16, 1958.
4. Okita, G. N.—Kabara, J. J.—Richardson, F.—Le Ray, G. V.: Assaying compounds containing tritium and carbon — 14. *Nucleonics*, **15**, 111, 1957.
5. Liquid Scintillation Counting of Aqueous Solutions of Carbon-14 and Tritium. Shapira I. and W. H. Perkins, *Science* **131**:414 (1960).

MEASUREMENT OF THE SOFT BETA-EMITTING ISOTOPES ^3H AND ^{14}C IN THE PRESENCE OF EACH OTHER BY A QUOTIENT METHOD

A. Csorba

The aim of this work was to obtain data for the reliable measurement of samples labelled with the isotope pair ^3H and ^{14}C .

The measurement of ^3H and ^{14}C in the presence of each other is readily soluble. The stabilities of the selected channels are reliable, this being in fact a precondition of the measurement. The ratio of the two isotopes can vary between fairly wide limits; the ratio $^3\text{H}:^{14}\text{C}$ may be as high as 200:1, but the results show that it should not be lower than 1:100. In the event of quenched samples (biological and food industry materials in the aqueous phase) the possibility of measurement error generally increases, but the frequent checking of the a and b values and measurement up to a preselected impulse count ensures satisfactory accuracy in these cases too.

PARALLELE MESSUNG DER WEICH BETA-STRAHLENDEN ISOTOPEN ^3H UND ^{14}C MITTELS KANAL-QUOTIENTENMETHODE

A. Csorba

Es wurde eine Methode zur zuverlässigen Messung von mit dem Isotopenpaar ^3H — ^{14}C markierten Materialproben angestrebt.

Es zeigte sich, dass die gleichzeitige Messung des Isotopenpaares ^3H — ^{14}C leicht zu lösen ist. Die Stabilität der gewählten Kanäle ist zuverlässig, und dies ist eigentlich die Vorbedingung für die Messung. Das Verhältnis der beiden Isotopen zueinander darf innerhalb relativ weiter Grenzen liegen; das Verhältnis $^3\text{H}:^{14}\text{C}$ kann sogar noch 200:1 betragen, während laut unserer Ergebnissen das Verhältnis $^{14}\text{C}:^3\text{H}$ 100:1 nicht überschreiten sollte. Im Falle von Quenchelt-Proben (in der wässrigen Phase biologischer und lebensmittelindustrieller Materiale) nimmt die Möglichkeit von Messfehlern zu, doch sichert die häufige Überwachung der a - und b -Werte, die Messung bis zu einer vorgewählten Impulszahl, auch in solchen Fällen eine hinreichende Genauigkeit.

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ МЯГКИХ β -ИЗЛУЧАЮЩИХ ИЗОТОПОВ
 ^3H и ^{14}C МЕТОДОМ ДОЛИ КАНАЛА

А. Чорба

В своей работе мы ставили целью получить данные для надежного измерения образцов, меченных изотопной парой ^3H , ^{14}C .

Установлено, что параллельное измерение изотопной пары ^3H , ^{14}C легко осуществимо. Стабильность выбранных каналов надёжна, что является основным условием измерения. Соотношение двух изотопов может изменяться в сравнительно широких пределах: $^3\text{H} : ^{14}\text{C}$ может быть равно 200:1. однако $^{14}\text{C} : ^3\text{H}$ на основе наших данных не должно быть больше чем 100:1. В случае образцов Quenchelt (биологические продукты, продукты пищевой промышленности в водной фазе) обычно растёт возможность погрешности измерения, но частый контроль показателей a и B , измерение до заранее выбранного числа импульсов обеспечивает удовлетворительную точность и в этом случае.