

**OZIQ-OVQAT MAHSULOTLARINI TAHLIL QILISHDA
QO'LLANILADIGAN EPRUSULLARI**

Turdiyeva Sabina¹

TKTIShF bakalavr

Tel: +998(88) 386 37 57, e-mail:

sbinaturdiyeva43@gmail.com

Annotatsiya

Ushbu maqolada oziq-ovqatlardagi paramagnit turlarini tekshirish uchun hozirgacha ishlab chiqilgan turli metodologiyalarning umumiy ko'rinishi keltirilgan.

Аннотация

В этой статье представлен обзор различных методологий, разработанных к настоящему времени для исследования парамагнитных частиц в пищевых продуктах.

Annotations

This article provides an overview of the various methodologies developed so far for the investigation of paramagnetic species in foods.

Kalit so'zlar: EPR, erkin radikallar, oziq-ovqat, antioksidantlar, spin tuzoqlari, vaqtgabog'liq EPR

Ключовые слова: ЭПР, свободные радикалы, продукты питания, антиоксиданты, спиновые ловушки, временной ЭПР.

Keywords: EPR, free radicals, food, antioxidants, spin traps, time-dependent EPR.

So'nggi bir necha yil ichida oziq-ovqat kimyosida magnit-rezonans texnikasi, xususan yadro magnit-rezonansi (YMR) va elektron paramagnit rezonans (EPR) qo'llanilishi sezilarli darajada oshdi. EPR spektroskopiyasi paramagnit metall ionlari va organik radikallar kabi juftlashtirilmagan elektronlarni o'z ichiga olgan molekulalarni tahlil qilish uchun sezgir va ko'p qirrali texnikadir. Oziq-ovqatlarda organik radikallarning paydo bo'lishi, asosan, oksidlanish reaksiyalari tufayli yuzaga keladigan oziq-ovqat degradatsiyasidan dalolat beradi. Oziq-ovqatlarda mavjud bo'lgan metall ionlari reaktiv kislorod turlarini (ROS) hosil qilish uchun O₂ ni faollashtirish orqali oziq-ovqat tarkibiy qismlarining oksidlanishini katalizlashi mumkin. Oziq-ovqatlardagi paramagnit turlarini tahlil qilishdan tashqari, EPR oziq-ovqat barqarorligi va saqlash muddatini baholash uchun ishlatilishi mumkin. Bunday tadqiqotlarni amalga oshirish uchun oziq-ovqatda radikal ishlab chiqarish va degradatsiyani tezlashtirish kerak. Oziq-ovqatlarda radikallarni ishlab chiqarish uchun mikroto'lqinli pech, UV yoki λ -nurlanish, qizdirish va oksidlovchi moddalarni qo'shish

kabi bir qancha usullar qo'llanilgan. Tirozil va semikinon radikallari kabi barqaror organik radikallar to'g'ridan-to'g'ri EPR bilan aniqlanishi mumkin. Biroq, vaqtinchalik radikallarni aniqlash uchun EPR spektroskopiyasi bilan o'lchash uchun spin tuzoqlari qo'llaniladi. Qisqa muddatli radikallarning umrini ular hosil bo'lgandan keyin namunalarni tez muzlatish orqali ham uzaytirish mumkin. Bundan tashqari, qisqa muddatli radikallarni aniqlash uchun vaqt bilan hal qilingan EPR ishlatilishi mumkin. EPR signalini vaqtga nisbatan o'lchash orqali ushbureaktsiyalarda ishtirok etadigan mexanizmlar uchun qimmatli ma'lumotlar olinadi.

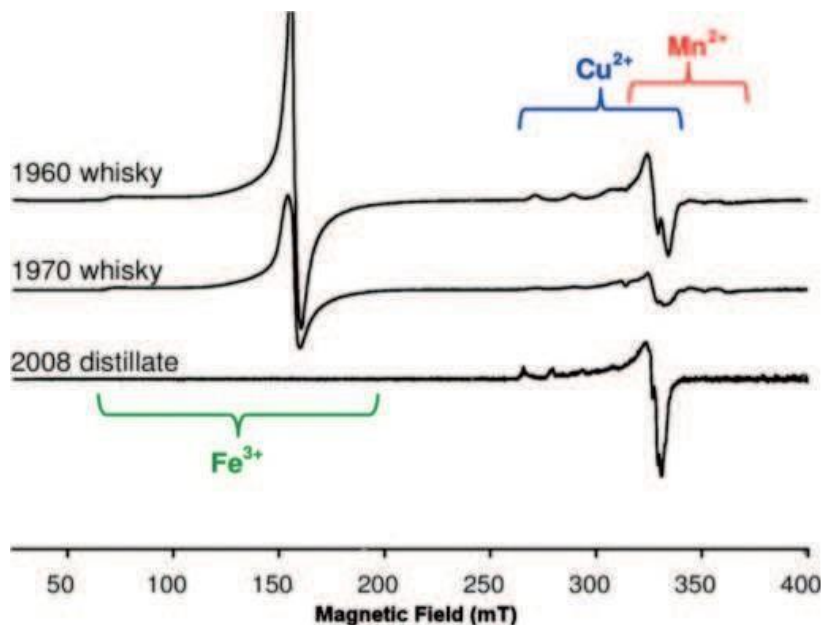
Ushbu maqolaning asosiy maqsadi cw X-diapazonli EPR bo'yicha oziq-ovqat mahsulotlarini tahlil qilish usullarini muhokama qilish, shu jumladan endogen juftlashtirilmagan elektron spin turlarini kuzatish va oziq-ovqat mahsulotlarida erkin radikallarni boshlash va aniqlash.

Elektron paramagnit rezonans spektroskopiyasi (EPR), shuningdek elektron spin-rezonans spektroskopiyasi (ESR) deb ham ataladi, erkin radikallar, reaktiv kislorod turlari kabi EPRga sezgir turlarni tadqiq qilish usullarini ishlab chiqishning asosiy usuli hisoblanadi. (ROS), azot reaktiv turlari (NRS) va C-markazli radikallar va metall ionlari. Ushbu usullar quyidagilarga qaratilgan: (a) radikal turlarning miqdorini aniqlash, (b) oziq-ovqatlarda oksidlanish-qaytarilish- kimyoviy reaksiya mexanizmlarini o'rganish, (c) oziq-ovqatning antioksidant qobiliyatini baholash va (d) oziq-ovqat sifati va barqarorligi. Ushbu maqsadlar uchun oziq-ovqat mahsulotlarida maqsadli tizimning kimyosiga va zarur bo'lgan ma'lumotlar turiga qarab turli xil radikallarni boshlash va aniqlashdan foydalanilgan: (a) mikroto'lqinli pech, UV yoki g-nurlanish orqali radikallarni induksiya qilish; b) isitish; (c) metallarning qo'shilishi; (d) oksidlovchilardan foydalanish.

Oziq-ovqatlardagi endogen juftlashtirilmagan elektron spin turlari

Oziq-ovqatlar tarkibida dastlabki xom ashyolardan yoki metall idishlardagi metallar bilan ifloslanishdan yoki oziq-ovqat mahsulotlarini qayta ishlash jarayonida metallar bilan ifloslanishdan kelib chiqqan metall ionlari mavjud. EPR spektroskopiyasi oziq-ovqat mahsulotlarida uchraydigan Fe^{III} , Mn^{II} va Cu^{II} metall ionlarini aniqlashda ayniqsa sezgir bo'lib, ularning nisbiy uzoq bo'shshish vaqti tufayli. Fe^{III} X diapazoni EPRda ~160 mT da singlet beradi, Mn^{II} 300–350 mT da ^{55}Mn yadro (spin $I = 5/2$) bilan juftlashtirilmagan elektronlarning ulanishi tufayli olti chiziqli giperbolik naqshni beradi, Cu^{II} esa kvartetni beradi. 250-320 mT xona haroratida izotropik spektrlar uchun Cu yadrosi (spin $I = 3/2$) bilan bog'langandan keyin juda nozik bo'linish. Cu^{II} yadrosining eksenel anizotropik EPR spektrlari z o'qi bo'ylab tekislangan magnit maydon uchun to'rtta tepadan va x,y tekisligi bo'ylab tekislangan magnit maydon uchun bitta tepalikdan iborat. Bir misol Drew va boshqalar tomonidan keltirilgan. shotland viskilaridagi metallionlarining kelib chiqishini o'rganish uchun cw X-band EPR dan foydalangan.[1]

1-rasmda tasvirlangan muzlatilgan viskining EPR spektri barcha uchta metall ionlarining mavjudligini ko'rsatadi.

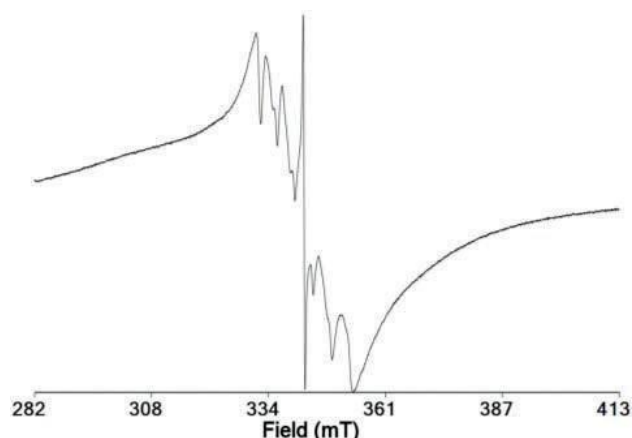


Mn^{II} ning EPR spektrlari alohida qiziqish uyg'otadi, chunki Mn^{II} deyarli barcha o'simlik mahsulotlarida mavjud.[2]. Nosimmetrik [Mn^{II}(H₂O)₆]²⁺ ning muzlatilgan eritmalarining signali taqiqlangan o'tishlar tufayli oltita asosiy komponentlar orasidagi qo'shimcha kichik tepaliklarga ega oltita tor chiziqdan iborat.[3, 4] Biroq, Mn^{II} ning EPR signali [Mn^{II}(H₂O)₆]²⁺ dan sezilarli darajada farq qiladi. Mn^{II} kichik ligandlar yoki katta biomolekulalar bilan muvofiqlashtirilganda, asosan, maydonning nol bo'linishi (ZFS) parametrlarining o'zgarishi. Ushbu EPR ma'lumotlarini eksperimental spektrlarning simulyatsiyalaridan olish mumkin va ular oziq-ovqat mahsulotlarida Mn^{II} atrofida muvofiqlashtirish muhitini o'rganish uchun ishlatilishi mumkin. Biroq, oziq-ovqatlar murakkab biotizimlardir va metall ionlari bir nechta molekulalar bilan o'zaro ta'sir qilishi mumkin, ular atrofida turli xil simmetriyadagi turli muhitlarni yaratadi.

Fe^{III} va Cu^{II} kabi erkin ionlarning mavjudligi Fenton reaksiyalari orqali oziq-ovqatning parchalanishini tezlashtirishi mumkin, bu esa kiruvchi ta'm, rang yoki oziq-ovqatning buzilishiga olib keladi. Ba'zida ularning sifatini saqlab qolish uchun oziq-ovqat mahsulotlaridan ortiqcha erkin ionlarni olib tashlash talab qilinadi. Boshqa tomondan, oziq-ovqat mahsulotlariga metall ionlarining qo'shilishi EPR tomonidan aniqlanishi va keyinchalik oziq-ovqat tavsifi uchun ishlatilishi mumkin bo'lgan reaktiv radikal turlar paydo bo'ladi.

Organik radikallar: Metall radikallarga qo'shimcha ravishda, oziq-ovqat mahsulotlarida atmosfera kislorodida oziq-ovqat ta'sirida yoki ovqat tayyorlash jarayonlarida hosil bo'lgan doimiy organik radikallar bo'lishi mumkin. Metall ionlari

organik radikallarning shakllanishida muhim katalitik rol o'ynashi mumkin. Masalan, yangi choy barglarining X diapazonidagi EPR spektrig = 2.000 da faqat Mn^{II} seksetini beradi, lekin choy paketlaridan maydalangan choy Mn^{II} cho'qqisiga qo'shimcha ravishda barqaror semikinon radikali tufayli keskin cho'qqisini beradi (2-rasm).



Turli xil kelib chiqishi quruq choy barglarini keng qamrovli EPR o'rganish shuni ko'rsatdiki, semikinon radikallaridan tashqari, barqaror karbondidrat radikalini ham aniqlash mumkin.[5] Xuddi shu tadqiqot shuni ko'rsatdiki, radikalning turi choydagi flavan-3-ollarning tarkibiga bog'liq. Choylarda flavan-3-ols (achitlanmagan choylar) uglevod radikallarini hosil qiladi, fermentlangan choylarda esa ko'p miqdorda semikinon radikallari mavjud. Fenolik moddalar ham qizil sharobda radikallar hosil qiluvchi birikmalardir. Bundan tashqari, to'g'ridan- to'g'ri sabzi ildizi, selderey poyasi, krep kurtaklari, bodring, maydanoz va karam bargining ekstraktlarida barqaror radikallar aniqlandi. EPR signali EPR spektridagi qo'sh cho'qqi bo'lib, suvli eritmada hosil bo'lgan monodehidroaskorbil radikaliga tegishli. Keng bitta cho'qqi yuqoridagi signallarni ba'zi namunalarda qoplaydi va stressli biotik yoki abiotik sharoitlar bilan bog'liq. Umuman olganda, oksidlanishdan himoyalangan yangi ovqatlar organik radikallarni hosil qilmaydi. Biroq, bunday radikallar qo'zg'atilishi va oziq-ovqat rafining barqarorligini tavsiflash uchun ishlatilishi mumkin.

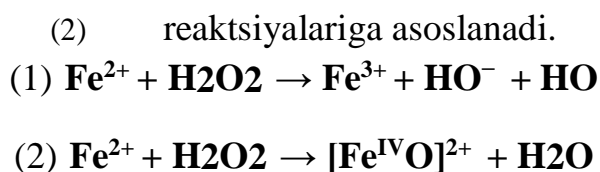
Oziq-ovqatlarda radikallarni induksiyalash va monitoring qilish

Oziq-ovqatlarda erkin radikallarni induksiya qilishning bir qancha usullari, jumladan UV, mikroto'lqinli pechlar yoki λ -nurlanish, isitish, ozon, metall ionlari yoki boshqa oksidlovchi moddalar qo'shilishi. Oziq-ovqatda hosil bo'lgan barqaror radikallarning EPR signalini bevosita kuzatish mumkin, beqaror radikallarni esa spin tuzoqlari qo'shilishi bilan bilvosita o'lchash mumkin. λ -nurlangan oziq-ovqatlarda radikallarni kuzatish uchun EPR spektroskopiyasidan foydalanish keng tarqalgan amaliyot bo'lib, adabiyotlarda juda yaxshi yoritib berilgan.[6, 7]

Tadqiqotlarning aksariyati ba'zi mamlakatlarda oziq-ovqat mahsulotlarini sterilizatsiya qilish uchun ushbu usuldan foydalanish tufayli iste'molchilar xavfsizligiga qaratilgan.

Mikroto'lqinli nurlanish, shuningdek, oziq-ovqatlarda EPR spektroskopiyasi orqali kuzatilishi mumkin bo'lgan radikallarning paydo bo'lishiga olib keladi.[8] Mikroto'lqinli radiatsiyaning guruch uni va guruch kraxmaliga ta'siri bo'yicha X-bandli EPR tadqiqotlari oziq-ovqat nurlanishidan so'ng, kraxmal va guruch unining protein fraktsiyasida lokalizatsiya qilingan tirozil va semikinon radikallarining shakllanishini ko'rsatgan. Bu radikallar mahalliy guruch unidam mavjud; ammo, ularning intensivligi mikroto'lqinli quvvat va radiatsiya vaqtini oshirish orqali eksponent ravishda oshadi. Mualliflar o'tish metall-qaytarilish jarayoni radikallarning shakllanishi bilan bog'liq bo'lishi mumkinligini taklif qildilar. Boshqa tomondan, un kraxmalida radikal hosil bo'lish tezligi mikroto'lqinli pechning quvvati va nurlanish vaqtiga bog'liq emas, lekin taxminan 100 ° C da tez ortadi.[9] UV-nurlanish EPR bilan o'lchanadigan radikallar hosil qilishning juda mashhur usulidir. Organik radikallarning shakllanishiga qo'shimcha ravishda, Mn^{II} va Fe^{III} EPR signallari almashinib, biomolekulalar strukturasi buzilishini ko'rsatadi.

Oziq-ovqat mahsulotlarining, xususan, iste'mol qilinadigan yog'larning termal barqarorligi turli xil spektroskopik usullar va ransimat tahlillari orqali o'rganilgan oziq-ovqat xodimlarining saqlash muddati bilan bog'liq xususiyatdir. Oziq-ovqatlarning termal jarayoni EPR spektroskopiyasi orqali aniqlanishi mumkin bo'lgan radikallarni hosil qiladi. Haqiqiy vaqtda kuzatilishi kerak bo'lgan hosil bo'lgan radikallar bilan qovurilgan qahva loviyalarining qizdirilishi natijasida paydo bo'lgan radikal shakllanishiga misol bo'ladi. Oziq-ovqat yog'larida erkin radikallarning shakllanishi to'yinmagan lipidlar tomonidan katalizlanadi va bu autoksidlanish mexanizmida b-karotin va xlorofillning bevosita ishtiroki mavjud. Qizdirilgan yog'larning EPR spektrlari a-tokoferil radikalining hosil bo'lishini ham ko'rsatdi, bu esa a-tokoferil radikalidan oziq-ovqat moylarining oksidlanish darajasini o'rganish uchun muqobil marker sifatida foydalanish mumkinligini ko'rsatadi. Metall ionlari qo'shilishi yoki H₂O₂ (Fentonga o'xshash reagentlar) bilan metall ionlari qo'shilishi bilan radikallarning boshlanishi ham oziq-ovqat mahsulotlarini tavsiflashning odatiy strategiyasidir. Fenton reagentlari bilan radikallarning hosil bo'lishi (1) va



Biroq, Fenton reagentiga qo'shimcha ravishda, Fenton reagenti kabi reaksiyaga kirishuvchi boshqa reagentlar, masalan, Co^{II}/H₂O₂, Cu^I/H₂O₂ va K₂S₂O₈ ishlatilishi

mumkin.[10] Odatda, Fenton reagentlari bilan reaksiya natijasida hosil bo'lgan radikallar spin tuzoqlari tomonidan ushlab turiladi va turli spektroskopiyalar, shu jumladan EPR tomonidan nazorat qilinadi.

Xulosalar

Yuqorida biz endogen juftlashtirilmagan elektron spin turlarini kuzatish va oziq-ovqatlardaradikallarni boshlash va aniqlash orqali oziq-ovqat mahsulotlarini o'rganish uchun ishlatiladigan asosiy cw X diapazonli EPR metodologiyalarini ko'rib chiqdik. Oziq-ovqat mahsulotlarini tahlil qilish uchun EPRdan foydalanish tez sur'atlar bilan o'sib bormoqda. Radikallarni boshlash va aniqlashning yangi metodologiyalari oziq-ovqat oksidlanish jarayonlarida ishtirok etadigan mexanizmlarni yaxshiroq tushunishga olib keladi. EPR ning yuqori sezuvchanligi va ko'p qirraliligi ushbu texnikani oziq-ovqat fanida qimmatli vositaga aylantiradi va kelajakda qo'shimcha dasturlar paydo bo'lishi kutilmoqda. Oziq-ovqat mahsulotlarini tavsiflash uchun ishlatiladigan cw EPR usullari oziq-ovqatda mavjud bo'lgan endogen metall ioni yoki organik radikalni qayd etishga yoki bevosita yoki radikal tuzoqlarni qo'shish orqali aniqlanishi mumkin bo'lgan radikallarni boshlashga asoslangan.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Drew SC, Roberts B, Troupb GJ. In Scotch whisky, from where are the Fe³⁺ and Cu²⁺ ions sourced? In: Proceedings—37th Annual Condensed Matter and Materials Meeting; Wagga Wagga, NSW, Australia; 2013Capece A, Romaniello R, Scrano L, Siesto G, Romano P. Yeast starter as abiotechnological tool for reducing copper content in wine. *Frontiers in Microbiology*. 2018;8:2632
2. Morsy MA, Khaled MM. Novel EPR characterization of the antioxidant activity of tea leaves. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 2002;58: 1271-1277Carreon-Alvarez A, Herrera-Gonzalez A, Casillas N, Prado-Ramirez R, Estarron- Espinosa M, Soto V, de la Cruz W, Barcena-Soto M, Gomez-Salazar S. Cu (II) removal from tequila using an ion-exchange resin. *Food Chemistry*. 2011;127:1503-1509
3. Hunsicker-Wang L, Vogt M, Derose VJ. EPR methods to study specific metal-ion binding sites in RNA. *Methods in Enzymology*. 2009;468:335-367
4. rrissey SR, Horton TE, DeRose VJ. Mn²⁺ sites in the hammerhead ribozyme investigated by EPR and continuous-wave Q-band ENDOR spectroscopies. *Journal of the American Chemical Society*. 2000;122:3473-3481
5. Socha R, Baczkowicz M, Fortuna T, Kura A, Łabanowska M, Kurdziel M. Determination of free radicals and flavan-3-ols content in fermented and unfermented teas and properties of their infusions. *European Food Research and Technology*. 2013;237:167-177
6. Alberti A, Chiaravalle E, Corda U, Fuochi P, Macciantelli D, Mangiacotti M,

Marchesani G, Plescia E. Treating meats with ionising radiations. An EPR approach to the reconstruction of the administered dose and its reliability. *Applied Radiation and Isotopes*. 2011;69: 112-117

7. Dului OG, Bercu V. ESR investigation of the free radicals in irradiated foods. In: *Electron Spin Resonance in Food Science*. Academic Press. Massachusetts. 2017. pp. 17-32

8. Yakhin RG, Samigullina NA, Yagund EM, Yakhin RR. Investigation of the influence of microwave radiation on the properties of vegetable food products by methods of EPR and IR spectroscopy. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*. 2017:151-157

9. Fan D, Liu Y, Hu B, Lin L, Huang L, Wang L, Zhao J, Zhang H, Chen W. Influence of microwave parameters and water activity on radical generation in rice starch. *Food Chemistry*. 2016;196:34-41

10. Staško A, Polovka M, Brezová V, Biskupič S, Malík F. Tokay wines as scavengers of free radicals (an EPR study). *Food Chemistry*. 2006;96:185-196