

İYONİZE IŞINLARIN GIDA BİLEŞENLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

EFFECTS OF IONIZING RADIATION ON FOOD COMPONENTS

Hatice AYHAN

TAEK, Lalahan Hayvan Sağlığı Nükleer Araştırma Enstitüsü, ANKARA

ÖZET: Gıda maddelerinin saklanması için iyonize radyasyonun kullanımı ile gıda bileşenlerinin radyasyon kimyası önem kazanmıştır. İyonizan ışınlarla yüksek kalitede gıda maddesi elde edilmesi radyasyon kimyasına ait prensiplerin bilinmesiyle olur. Bu da gıda ışınlama koşullarının belirlenmesine yardımcı olur. Işınlanmış gıdaların emniyetli kullanımında ışınlama ile indüklenen kimyasal reaksiyonlar oluşan ara ürün ve son ürünlerin bilinmesi önemlidir.

Işınlama ile gıdaların bileşenlerinde meydana gelen bazı kimyasal değişmelerle oluşan ürünler, "radyolitik ürünler" olarak adlandırılır. Işınlamanın gıdalarda neden olduğu değişiklikler pek çok faktörlere (radyasyon dozu, gıdaların tipi, paketlenme, proses koşulları yani ışınlama sırasındaki ısı, atmosfer, dilüsyon oranı, pH v.s.) bağlı olarak farklılık göstermektedir. Gıda bileşenlerini oluşturan protein, karbohidrat ve yağ gibi makro moleküller 10 kGy doza kadar olan radyasyonda nisbeten stabil kalırlar. Ancak vitaminler gibi bazı mikro bileşenler ışınlama dahil herhangi bir gıda proses metoduna oldukça duyarlıdır.

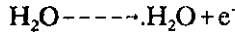
SUMMARY: With the use of ionizing radiation, the radiation chemistry of foodstuff for purpose of protection has gained a great importance. High quality of foodstuff depends on the knowledge on radiation chemistry principles. This helps to determine the irradiation conditions. Knowing the induced chemical reactions and the free radicals produced during irradiation are very important for the reliable use of the irradiated food.

The interaction of ionizing radiation with food components causes the formation of free radicals which are called radiolytic products. Changes in the food as a result of irradiation depend on various factors (e.g. irradiation dose, type of food, packaging, processing conditions that is the ambient temperature during the irradiation, atmosphere, diluting ratio, pH, etc.). Major components of food such as proteins, carbohydrates and fats are relatively stable for the radiation doses up to 10 kGy. However, minor components, especially vitamins may be sensitive to irradiation or any food processing method.

İYONİZE RADYASYONUN SU ÜZERİNE ETKİSİ

Su, genellikle, bütün gıda maddelerinde bulunur. Pek çok sebze türünde yaklaşık %90, meyvalarda %80, ette %60 ve ekmekte %40 oranında saptanmıştır. Bazı kuru ürünlerin içerdikleri su oranları ise, buğday ununda %13, kurutulmuş sebzelerde yaklaşık %10, fındıkta %5 olarak bildirilmiştir. Suyun radyolizisi, ışınlanmış gıdalarda özel bir yer tutar. Suyun radyolizisi ile şu ürünler oluşur.

-Hidrojen radikali (.HO)



-Suya ait elektron (e_{su})

-Hidrojen atomu (.H)

-Hidrojen (H_2)

-Hidrojen peroksit (H_2O_2) .OH + .OH \longrightarrow H_2O_2

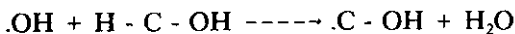
-Çözülmüş proton (H_3O^+) $H_2O^+ + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + OH$

Elektron (e^-) ve hidrojen (H^+) sulu ortamda serbest olarak bulunmaz. Su molekülleri ile veya ışınlama ile oluşan diğer gıda komponentlerine ait radyolitik ürünlerle sıkı ilişkili olarak bulunurlar (DIEHL, 1990).

KARBONHİDRATLAR

Karbohidratlar kuru ve yaş gıdaların pek çoğunda bulunur. Radyasyona duyarlı olan bu komponentler, iyonize radyasyona maruz bırakıldığında H_2 , CO_2 , aldehitler, ketonlar, asitler ve diğer karbohidratlar dahil birçok radyolitik ürünler meydana getirirler.

Su varlığında karbohidratların iyonize radyasyona tabi tutulması sonucu direkt ve indirekt olarak oksidatif yıkılma meydana gelir. İndirekt etkide temel rolü OH radikalleri oynar. Çözülmüş elektronlar ve hidrojen atomlarının önemi çok azdır. OH radikalleri C-H bağından çıkan hidrojen ile birleşerek H_2O oluşturur.



Oluşan bu radikal daha sonra dimerizasyon, dehidrasyon, disproporsiyasyon mekanizmalarıyla reaksiyona girer, asit, keton veya aldehit oluşur. Örneğin bu mekanizmalar ile glikozun 1 nohu C atomundan hidrojeni çıkışı ile glukonik asit, 2-deoksiriboz ve 2-deoksiglikonik asit, CO kaybı ile de 5 karbonlu bir şeker olan arabinoz meydana gelir. Halkanın açılmasıyla 5. deoksiglikonik asit oluşur. Araştırmacılar glikozun 34 radyolitik ürününün olduğunu bildirmişlerdir (VON SONNTAG, 1980). Deoksi komponentinin oluşumu glikozun şeker solusyonlarının pH'sı artığında ise keto ve asit şeker oluşumu azalır (SCHUBERT, 1967).

Monosakkaridlerle ilgili çalışmalar glikoz dışındaki şekerler ile de yapılmış ve benzer reaksiyonlar ortaya konmuştur. Disakkarid ve polisakkaridler ışınladığında da benzer reaksiyonlar gözlenmiştir. Buna ilaveten iyonize radyasyon monosakkarid ünitelerini bağlayan glikozid bağlarını kırabilir. Örneğin nişastanın ışınlanmasıyla dekstrinler, maltoz ve glikoz meydana gelir ve polisakkarid solusyonunun vizkozitesinin azalmasına yol açar. Radyasyon dozunun artışıyla nişastanın sudaki eriyebilirliği artar (VAN SONNTAG, 1980). Farmasötik endüstride tablet şeklinde hazırlanan ilaçlarda kristalize şeker taşıyıcı olarak kullanılır. Eğer bu tabletlerin sterilizasyonu için radyasyon kullanılacaksa, bazı kristalize şekerlerde radyasyonun bazı değişiklikler yapacağı unutulmamalıdır. DİZDAROĞLU ve ark. (1976), kristalize O-fruktoz'un ışınlanması halinde predominant olarak 6-deoksi-D-threo-2,5-heksodiuloz oluştuğunu bildirmişlerdir.

Karbonhidratlar gıdalarda bir gıda bileşeni olarak bulunduğu radyasyona daha az duyarlılık gösterir. Örneğin protein veya amino asitlerle birlikte bulduklarında radyasyonun etkisinden korunabilirler. 5 kGy doz ile ışınlanmış nişastada oluşan radyolitik etki, 50 kGy dozla ışınlanmış unda olduğu kadardır. Yine üç farklı protein varlığında sıvı ortamda bir disakkarid olan trehalozun ışınlanması ile oluşan radyolitik ürünler daha azdır. Ancak farklı amino asit kompozisyonu nedeniyle farklı proteinlerin farklı etkileri bulunur. Sistein, methionin veya fenilalanin gibi bazı amino asitler glisin gibi diğer amino asitlerden daha iyi koruyucudurlar (DIEHL, 1990).

PROTEİNLER

Proteinler amino asitlerin peptid bağlarıyla bağlanmasıyla oluşur. Radyasyonun proteinler üzerine etkileri ise amino asitlerin radyasyon kimyasına bağlıdır. Işınlama ile proteinlerde meydana gelen reaksiyonlar, proteinlerin yapısal durumları (fibroz veya globular, doğal veya denatüre, bileşimi, diğer bileşenlerin bulunması, kuru, nemli, solüsyonda, likit veya donmuş durumda) ve ışınlama şartları (doz, doz hızı, ısı, ortamda O₂ bulunması) gibi parametrelerle ilişkilidir.

Işınlama işlemi; iyonlaşma, serbest radikaller, ara ve son ürünleri meydana getiren bir seri reaksiyonları başlatır. Proteinlerin ışınlanması ile oluşan radyolitik ürünler ise bu reaksiyonlara ve hızlarını belirleyen faktörlere bağlı olarak değişir.

Dokulardaki serbest amino asitlerin konsantrasyonları nisbeten düşüktür ve radyasyon kimyaları, daha kompleks bir yapıya sahip olan peptid zincirlerinin ve proteinlerin kimyası için temel bilgi oluşturur. Basit amino asitler ışınladığında sadece α karbon radikalleri meydana geldiği halde, kompleks amino asitler ışınladığında α karbon radikallerinin yanında, yan zincir radikalleri de oluşur (LIEBSTER ve KOPOLDOVA, 1964).

Kükürt içeren amino asitler O₂'li ortamda radyasyona oldukça duyarlıdır. Kükürt içeren amino asitler radyolizise uğradığında H₂S, elemental kükürt veya uçucu kükürt bileşenleri meydana gelir. Bunlara bağlı olarak hoşça gitmeyen bir koku oluşur ki bu etlerin ışınlanmasında çok önemlidir (RHODES ve MERGUNGWAN 1962; URBAIN, 1977).

Aromatik amino asitlerden olan fenilalanin ve tirosinin halkalı yapısına suyun radyolizisi ile oluşan e_{su}⁻ ve .OH girebilir. Aromatik halka hidroksilasyona uğrar. Halka sistemi açılabilir. Alifatik kısımda deaminasyon meydana gelerek rekombinasyon sonucu diamin asitler oluşabilir (DIEHL, 1990).

Amino asitlerin peptid bağlarıyla birbirine eklenmesiyle oluşturdukları peptid zincirlerinin radyasyon kimyası amino asitlerinkine benzer. Sulu solusyonlarda peptid bağı, peptid zincirinin karbonil bağına elektron ilavesi ile oluşan hidrate elektronlara affinite gösterir. Peptidlerin ışınlanmasıyla zincir kırılması sonucu NH₃, yağ asitleri ve amid benzeri ürünler meydana gelir (DELIENCEE, 1983; DIEHL, 1990).

Proteinlerin yapısal özelliklerini oluşturan peptid zincirleri aralarındaki sülfid ve hidrojen bağları, molekülün radyasyon kimyasını etkiler (DIEHL, 1990). Proteinlerin ışınlanmasından sonra NH_3 miktarı azaldığı halde, yağ asitleri ve merkaptan gibi küçük moleküllerde artış gözlenir. Işınlama donma ısısının altında yapıldığında bu uçucuların iyice azaldığı ortaya çıkar. Proteinlerde ışınlamaya bağlı olarak birçok değişiklikler meydana gelir. Protein yapısında bozulmalar oluşurken çeşitli radyolitik ürünler de oluşur. Ancak gıdalar sulandırılmış solüsyonlar halinde değilse ve de gıda bileşenlerinin etkileşimleri söz konusu ise ışınlama zararlarına karşı birbirlerini korurlar (DELINCEE, 1983).

Gıdalarda bulunan proteinlerin besleyici değeri, yapılarında bulunan amino asitlere bağlıdır. Bu nedenle çalışmalar, gıdaların amino asit kompozisyonları üzerinde yoğunlaşmıştır. Genel olarak steril edilmiş gıdalarda amino asitlerde değişiklikler çok az olmaktadır. Hayvanlarda yapılan yedirme testlerinde ışınlanmanın gıdanın sindirilebilirlik, biyolojik değer veya net protein kullanımı gibi besleyici değerlerinde önemli bir etki oluşmadığı saptanmıştır (RAICA, 1972; JOSEPHSON, 1978). Fakat ışınlama ile meydana gelen bazı önemsiz değişiklikler tüketici üzerine olumsuz etkiler yapabilir. Örneğin et ve et ürünlerinin ışınlanmasıyla oluşan uçucu kükürt bileşenleri tüketici tarafından hoş gitmeyen lezzet kaybına neden olur. Bu nedenle et ve et ürünleri donma ısısının altında ışınlanırlar. Mikroorganizmaları inaktive etmek için düşük ısılardaki yüksek dozun etkisi, aynı şartlarda uçucuları da azaltmada başarı sağlar. Bu nedenle -30°C , -40°C de etler ışınlanarak steril edildiğinde yüksek kalitede ürünler elde edilir. Gerçek donma ısısının altındaki ısılarda ışınlama yapıldığında et proteinlerinde çok az değişiklikler meydana geldiği bildirilmiştir (URBAIN, 1977; DELINCEE, 1983). Ete kırmızı rengini veren metalloprotein ve miyoglobin'de ışınlama ile meydana gelen reaksiyonlar etin kırmızı renginin bozulmasına neden olarak önemli bir problem teşkil ederler (ANGLEMEIER ve ark. 1964).

ENZİMLER

Enzimler canlı dokunun önemli unsurları olduğundan taze meyve, et ve et ürünlerinde yer alır. Protein yapısında olan enzimler radyasyon sonucu bazı fonksiyonel değişiklikler gösterebilir. Çünkü enzimler gıda ile ilişkili olarak belirli spesifik fonksiyonel karakterlere sahiptirler.

Enzimin bulunduğu ortam radyasyonla indüklenen değişiklikler üzerine etkilidir. Enzimlerin saf su ile sulandırılmış solüsyonları radyasyona daha duyarlıdır. Konsantrasyonun artması, aynı inaktivasyonu oluşturabilmek için radyasyon dozunun artışı gerektirir. Enzim solüsyonunda diğer bazı substansların bulunması da radyasyona duyarlılığı azaltır. Örneğin asetat buffer solüsyonundaki pepsin üzerine, sodyum D-iso askorbat'ın koruyucu etkisi bulunmaktadır. Radyasyona duyarlılık ise ısı ile artmaktadır. Aktif-SH grubu içeren enzimler radyasyona daha duyarlıdır. Solüsyon pH değeri veya O_2 içerdiği bazı enzimler için önemlidir. Kuru enzimlerin inaktivasyonu için dilue enzimlere oranla daha yüksek dozda radyasyon uygulamak gerekir. Kompleks ortamlardaki enzimler radyasyona daha az duyarlıdır. Her zaman için kompleks gıda sistemlerindeki enzim radyasyonun etkisinden daha iyi korunurlar (DIEHL, 1990).

LİPIDLER

Gıdaların lipid (yağ) komponentleri predominant olarak trigliseraldehitlerden ibarettir. Örneğin süt yağı %94, soya fasülyesi yağı %88 oranında trigliseraldehid içerir. Yağların radyasyon kimyası da bu büyük fraksiyonlarla ilgilidir (DIEHL, 1990).

Işınlama ile yağlarda indüklenen değişiklikler otooksidatif ve nonoksidatif olur. Işınlama ile oluşan otooksidatif reaksiyonlar ışınlanmamış yağ maddelerinde de meydana gelir. Işınlama bu reaksiyonu hızlandırır. Işınlama ile meydana gelen radikaller daha sonra O_2 ile reaksiyona girebilir ve serbest radikallerin oluşmasına neden olabilir. Hidroperoksitler, alkoller, aldehitler, aldehit esterleri, hidrokarbonlar, hidroksi ve kato asitler, ketonlar, laktonlar, oksoasitler ve dimerik bileşikler dahil çeşitli ürünleri oluşturabilir (NAWAR, 1977). Işınlama O_2 siz ortamda yapıldığında nonoksidatif değişiklikler meydana gelir. Oluşan radyolitik ürünler ise, H_2 , CO_2 , CO, hidrokarbonlar ve aldehitlerdir (DELINCEE, 1983).

Yağların ışınlanmasıyla meydana gelen serbest radikaller diğer moleküllerden ekstraksiyonla elde edilen H_2 ilavesi veya nadir olarak diğer serbest radikallerle kombinasyonla ya da hidrojen kaybederek olur.

Stabil radyolitik ürünlerin bir kısmı bu şekilde meydana gelir. Serbest radikaller yağların kompozisyonuna, miktarı ise dozla orantılı olarak değişir. Radyasyonun lipidler üzerine etkileri ısının lipid üzerine etkilerine büyük benzerlik gösterir. Yağın ışınlanmasıyla meydana gelen ve lezzet farkına sebep olan bileşikler hakkında bilgiler bugün için yetersizdir (NAWAR, 1983).

VİTAMİNLER

Vitaminler, gıda maddelerinde bulunan önemli mikro komponentlerdir. Gıdalarda yer alan vitaminlerin bir kısmı normalde depolama sırasında yok olur. Bu nedenle, ışınlanmanın vitaminlerde bozulmaya, miktarlarının azalmasına yol açacağı kaçınılmazdır. Saf vitamin solüsyonunun ışınlanmasıyla oluşan kayıp, gıda maddelerinde bulunduğu aynı doz uygulanmasıyla meydana gelen kayıptan daha fazladır. Örneğin, sulu ortamda bulunan Vit B₁ 0,5 kGy ile ışınlandığında %50 kayıp oluşur. Vit B₁ (tiamin) suda çözülen bir vitamindir. B₁, e_{su} tarafından etkilenecek radyasyona duyarlı hale gelir. Oysa tümüyle kurutulmuş yumurtanın (0,39 mg/100 gr Vit B₁ Vit. içerir) aynı dozla ışınlanması halinde oluşan kayıp %5 den daha azdır. Bu gıdaların diğer komponentlerinin koruyucu özelliğine bağlıdır (DIEHL 1975). Yani gıdalardaki kompleks ortamlar radyasyona duyarlılığı azaltmaktadır. Radyasyon bazı gıdalarda bazı vitaminlerin kaybolmasına yol açarken, depolanma süresince de vitamin kaybı olur. 1 kGy dozla ışınlanmış ve hava bulunan ortamda depolanan öğütülmüş yulafta Vit E (β -tocopherol) kaybı (ışınlamadan hemen sonra ölçüldüğünde) %20, ışınlanmamış örneklerde 6-8 ay sonraki ölçümlerde Vit E kaybı %45 civarında saptanmıştır. Pişirme de önemli oranda Vit E kaybına neden olmaktadır. Ancak pişirme ve ışınlama kombine uygulandığında vitamin retansiyonunda düzelme olabilir (DIEHL, 1979).

Suda çözünen diğer vitamin, C vitamini (askorbik asit) dir ve radyasyona duyarlıdır. Radyolitik ürünler olarak dehidroaskorbik asit ile diğer bazı ürünler meydana gelir. Radyasyonun etkisi bu vitaminin sudaki konsantrasyonuna bağlı olarak değişir. Sulu sistemdeki askorbik asitin tutulmasında donmanın koruyucu bir etkisi vardır. Radyasyona en duyarlı ve suda en çözünen diğer vitaminler ise pirodoksın (B₆), riboflavin (B2) ve niasindir. Farklı vitaminlerin duyarlılığı ışınlanan materyale bağlıdır. Folik asit ve kobalamin (B 12) nin radyasyona dirençli oldukları hakkında bilgiler vardır. Yağda çözünebilir vitaminler arasında α -tocopherol radyasyonla en kolay tahrip olan vitamindir. Bunu Vit A ve Vit K izler. Vit D ise nisbeten radyasyona karşı stabildir. Vit D'nin 50 kGy radyasyon dozuna kadar direnç gösterdiği bildirilmiştir. Kullanılan doz, ışınlama şartları, vitaminin bulunduğu ortam, onun kararlı formunu değiştirmektedir (DIEHL, 1990).

Diğer mikro besinlerden olan (gıda komponenti) mineraller ve iz elementler iyonize radyasyondan etkilenmezler (DIEHL, 1990).

KAYNAKLAR

- ANGLEMIER, A.F., A.A., ELBADAWI and R.F., CHAIN, 1964. Effects of Irradiation and Preirradiation Treatments on Beef Muscle Proteins. J. Food. Sci. 29:837.
- DELINCEE, H., 1983. Recent Advances in the Radiation Chemistry of Proteins "in, Recent Advances in Food Irradiation, Eds. P.S. Elias and A.J. Cohen." Elsevier, Amsterdam, 89. sayfa.
- DIEHL, J.F., 1975. Thiamin in Irradiated Foods. 1. Influence of Various Conditions and of Time after Irradiation (in German). Z. Lebensm. Unters. Forsch. 157: 317.
- DIEHL, J.F., 1979. Reduction of Radiation Induced Vitamin Losses by Irradiation of Foodstuffs at Low Temperature and by Exclusion of Atmospheric Oxygen (in German). Z. Lebensm. Unters. Forsch., 169: 276.
- DIEHL, J.F., 1990. Safety of Irradiated Foods. Marcel Dekker, INC. 270 Madison Avenue, New York 10016 USA 41, 196 sayfa.
- DİZDAROĞLU, M., J., LEITICH and C., VON SONNTAG, 1976. Conversion of D Fructose into 6-deoxy-D- threo-2,5-hexodiulose by Gamma-Irradiation: a Chain Reaction in the Crystalline State, Carbohydr. Res 47: 15.
- LIEBSTER, J. and J. KOPOLDOVA, 1964. The radiation Chemistry of Amino Acids. Adv. Rad. Biol. 1: 157.
- NAWAR, W.W., 1977. Radiation Chemistry of lipids, "in, Radiation Chemistry of Major Food Components, Eds. P.S. Elias and A.J. Cohen." Elsevier Amsterdam, 21. sayfa.
- NAWAR, W.W., 1983. Comparison of Chemical Consequences of Heat and Irradiation Treatment of Lipid, "in, Recent Advances in Food Irradiation, Eds. P.S. Elias and A.J. Cohen." Elsevier, Amsterdam, 115. sayfa.
- RHODES, D.N. and C., MEEGUNGWAN, 1962. Treatment of Meats with Ionizing Radiations. 9. Inactivation of Liver Autolytic Enzymes. J. Sci. Food Agric. 13: 13.
- SCHUBERT, J., 1967. Inadequacies in Radiobiological Experiments on Medium Effects. Int. J. Radiat. Biol. 13: 297.
- URBAIN, W.M., 1977. Radiation Chemistry of Proctin "in Radiation Chemistry of Major Food Components, Eds. P.S. Elias and A.J. Cohen." Elsevier Amsterdam, 129 sayfa.
- VON SONNTAG, 1980. Free-Radical Reactions of Carbohydrates as Studies by Irradiation Techniques. Adv.-Carbohydr, Chem. Biochem. 37: 7.