

विकिरण से बढ़ाएं मत्स्य उत्पादों की शेल्फ-लाइफ



डॉ. प्रशांत कुमार मिश्र

भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र, मुंबई

बढ़ती जनसंख्या के साथ-साथ 'रोटी, कपड़ा और मकान', ये मूलभूत आवश्यकताएं भी बढ़ती जा रही हैं। खाद्य-सुरक्षा किसी भी देश की आत्मनिर्भरता का आधारभूत आयाम है। इस दिशा में, खाद्य-उत्पादन एवं खाद्य-परिरक्षण, दोनों ही बहुत महत्वपूर्ण हैं। खाद्य-संबंधी उपज के आधार पर प्रति वर्ष औसतन 30 से 40% तक खाद्य-पदार्थ खराब हो जाते हैं, जो एक गंभीर समस्या है। असमय कटाई, संक्रमण, अपर्याप्त भंडारण, अनुचित खाद्य प्रबंधन, खाद्य-परिवहन के दौरान हानियाँ, इत्यादि इसके प्रमुख कारण हैं।

मछली तथा अन्य मत्स्य खाद्य उत्पाद विश्व भर में पौष्टिक एवं स्वादिष्ट खाद्य के रूप में लोकप्रिय हैं। वर्ष 2024 के आंकड़ों के अनुसार, वैश्विक स्तर पर मछली उत्पादन 115 मिलियन टन प्रति वर्ष तक पहुँच गया है। पोषक तत्वों के प्रकार, पानी की अधिक मात्रा और लगभग उदासीन पीएच (pH) होने के कारण, मछली तथा मत्स्य खाद्यों में जीवाणुओं के पनपने का अनुकूल वातावरण पाया जाता है, जिससे ये उत्पाद बहुत जल्दी खराब होने लगते हैं। इसी कारण, वैश्विक स्तर पर पकड़ी गई कुल मछली का लगभग 27 से 38 प्रतिशत अपशिष्ट हो जाता है। उन्नत विधियों एवं तकनीकों की सहायता से इन हानियों को कम से कम करना आवश्यक है।

मत्स्य उत्पादों की जीवनावधि अर्थात् शेल्फ-लाइफ बढ़ाने के लिए, वर्तमान में इन्हें हिमशीतित (फ्रोजन; लगभग -18 डिग्री सेल्सियस) रूप में भंडारित और परिवहन किया जाता है। इस प्रकार से, भंडारण एवं परिवहन के लिए अधिक मात्रा में ऊर्जा की खपत होती है। साथ ही, उपयोग से पहले इन खाद्यों को सामान्य तापमान पर लाने के लिए बर्फ को गलाने की आवश्यकता होती है, जिसके दौरान बर्फ के क्रिस्टल से

खाद्य-क्षति हो सकती है और परिणामस्वरूप उपभोक्ताओं की स्वीकार्यता कम हो सकती है। इन कारणों से, हिमशीतित मत्स्य-खाद्य उत्पादों की अपेक्षा ताज़ी मछली एवं मत्स्य उत्पादों को प्राथमिकता दी जाती है। यहां ताज़ी मछली का तात्पर्य जीवित मछली या कम तापमान (शून्य डिग्री सेल्सियस के आसपास) पर रखी गई मछली से है, जिसे हिमशीतित (फ्रोजन) अथवा अनुकूलित वातावरण पैकेजिंग के तहत भंडारित / संग्रहित नहीं किया जाता है। अधिकाधिक उपभोक्ता-स्वीकार्यता के लिए शीतित भंडारण (कोल्ड स्टोरेज) में इन उत्पादों की जीवनावधि (शेल्फ-लाइफ) को अधिक समय तक बनाए रखना और भी लाभप्रद होगा। वर्ष 2024 के आंकड़ों के अनुसार, मछली की खपत का सबसे पसंदीदा रूप जीवित, ताज़ा और ठंडा (कुल उत्पादन का 44 प्रतिशत) पाया गया है, जबकि हिमशीतित, तैयार और प्रसंस्कृत मछली की खपत, कुल उत्पादन का क्रमशः 34, 12 और 10 प्रतिशत रहा।

मत्स्य-खाद्य उत्पादों की जीवनावधि (शेल्फ-लाइफ) कम होने के कारण, इन्हें पूरी तरह से शीतित-भंडारण (कोल्ड स्टोरेज) में रखा जाता है। इसके लिए, अनुकूल भंडारण सुविधाओं के साथ-साथ उपयुक्त पैकेजिंग, सुरक्षित एवं सक्रिय परतीकरण (कोटिंग), विकिरण-प्रसंस्करण, अनुमत खाद्य योजकों के साथ उपचार जैसी विभिन्न खाद्य-परिरक्षण तकनीकों की भी आवश्यकता होती है। अनेक वैश्विक संस्थाओं जैसे की खाद्य एवं कृषि संगठन (एफएओ; FAO), अंतरराष्ट्रीय परमाणु ऊर्जा एजेंसी (आईईए; IAEA) एवं विश्व स्वास्थ्य संगठन (डब्ल्यूएचओ; WHO) के संयुक्त अध्ययन के अनुसार, गामा-किरणन, भोजन की जीवनावधि (शेल्फ-लाइफ) को बढ़ाने का एक सुरक्षित एवं प्रभावी

तरीका है। नियंत्रित मात्रा में किया गया गामा-किरणन, रोगाणुओं के डी.एन.ए. (DNA) को तोड़कर, झिल्ली पारगम्यता एवं अन्य कोशिकीय गतिविधियों को प्रभावित करके, रोगाणुओं का क्षय करता है। शीतित भंडारण के दौरान, खाद्य उत्पादों की जीवनावधि को बढ़ाने के लिए प्रयुक्त अन्य संरक्षण विधियों के साथ विकिरण का संयोजन लाभप्रद है। न्यून तापमान पर मछली एवं मत्स्य-खाद्यों को किरणित करना महत्वपूर्ण है क्योंकि इनमें वसा की मात्रा अधिक होती है। परिवेशीय तापमान पर किरणन से वसा-ऑक्सीकरण की संभावना बढ़ जाती है जिससे इन उत्पादों की उपभोक्ता-स्वीकार्यता कम हो जाती है।

खाद्य पदार्थों की बर्बादी को कम करने में खाद्य-परिरक्षण विधियों की भूमिका महत्वपूर्ण है। ये मूलतः तापीय (हीटिंग, ब्लॉचिंग, पाश्चुरीकरण) और गैर-तापीय (रसायनिक परिरक्षक, विकिरण, उच्च दाब प्रसंस्करण) विधियों में वर्गीकृत की जाती हैं। तापीय विधियां, दीर्घकालिक प्रक्रियाएं हैं जिनका उपयोग सूक्ष्मजीवों को हटाने के लिए किया जाता है। इन विधियों में ऊर्जा की अधिक खपत होने से संरक्षण लागत बढ़ जाती है। तापीय-उपचार के निरंतर उपयोग से खाद्य-उत्पाद की गुणवत्ता पर हानिकारक प्रभाव भी पड़ता है, जैसे कि पोषक तत्वों/गुणों की हानि, निम्न संवेदी स्वीकृति, इत्यादि। इन नुकसानों को कम करने के लिए, गैर-तापीय खाद्य प्रसंस्करण तकनीकों, जैसे कि रासायनिक परिरक्षक (कैमिकल प्रिज़रवेटिव) और विकिरण का उपयोग किया जाता है। लागत में सस्ते होने के कारण, रासायनिक परिरक्षकों का व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है। सामान्यतः ये परिरक्षक भोज्य पदार्थ में उपस्थित रहते हैं और अनेक प्रकार के दुष्प्रभाव जैसे कि एलर्जी, कैंसर, पाचन संबंधी समस्याएं, इत्यादि भी पैदा कर सकते हैं। इसके विपरीत, विकिरण तकनीक एक महत्वपूर्ण गैर-तापीय एवं उपयोगी विकल्प है। इस तकनीक में खाद्य पदार्थों को गैर-आयनकारी विकिरणों (जिनमें परमाणुओं या अणुओं से इलेक्ट्रॉनों को हटाने के लिए पर्याप्त ऊर्जा नहीं

होती है), जैसे कि पराबैंगनी, दृश्य-प्रकाश, अवरक्त, रेडियो तरंगों अथवा आयनकारी विकिरणों (जिनमें परमाणुओं या अणुओं से इलेक्ट्रॉनों को हटाने एवं आयन बनाने के लिए पर्याप्त ऊर्जा होती है), जैसे कि गामा-किरणें, एक्स-किरणें, त्वरित-इलेक्ट्रॉन किरणें, इत्यादि की नियंत्रित मात्रा (डोज) के संपर्क में लाया जाता है। इस प्रक्रिया से खाद्य या कृषि उत्पादों में मौजूद सूक्ष्मजीवों और कीड़ों को नष्ट किया जा सकता है। इससे इन उत्पादों की गुणवत्ता में सुधार और जीवनावधि (शेल्फ-लाइफ) बढ़ाने में मदद मिलती है। गैर-आयनकारी विकिरणों की भेदन शक्ति कम होती है और इनका प्रभाव खाद्य-पदार्थों की सतह तक ही सीमित होता है। इसके विपरीत, अधिक भेदन क्षमता होने के कारण खाद्य-संरक्षण / प्रसंस्करण के लिए आयनकारी विकिरणों का उपयोग अधिक लाभप्रद होता है।

खाद्य किरणन हेतु मुख्य रूप से निम्न तीन प्रकार के आयनकारी विकिरण स्रोतों का उपयोग किया जा सकता है।

गामा विकिरण - ये विद्युत चुम्बकीय विकिरण हैं जो रेडियोधर्मी समस्थानिकों जैसे कि कोबाल्ट (^{60}Co), सीज़ियम (^{137}Cs), इत्यादि से उत्सर्जित होती हैं। ^{137}Cs नाभिक, जो निम्न ऊर्जा (0.66 MeV) की एक गामा किरण उत्सर्जित करता है, की अपेक्षा प्रत्येक ^{60}Co नाभिक उच्च ऊर्जा की दो गामा किरणें उत्सर्जित करता है। इसलिए, मात्रात्मक दृष्टि से ^{137}Cs की अपेक्षा, ^{60}Co की अल्प मात्रा ही पर्याप्त होती है। साथ ही, धातु के रूप में प्रयुक्त ^{60}Co स्रोत के जल में अधुलनशील होने से पर्यावरण में रेडियोधर्मिता फैलाव की संभावना भी न्यूनतम हो जाती है। इन कारणों से, खाद्य विकिरण हेतु आमतौर पर ^{60}Co स्रोत का ही उपयोग किया जाता है। गामा विकिरण तकनीक को शीत-पाश्चुरीकरण के लिए एक मात्र ऊर्जा-दक्ष साधन माना जाता है।

इलेक्ट्रॉन किरणें - ये किरणें उच्च-ऊर्जा (10 मेगा इलेक्ट्रॉन

वोल्ट (MeV) तक) के इलेक्ट्रॉनों की धारा के रूप में सामान्यतः रेखिक इलेक्ट्रॉन त्वरक से प्राप्त की जाती हैं। आर्थिक दृष्टि से किफायती रूप में प्राप्त इन इलेक्ट्रॉन किरणों की भेदन क्षमता, गामा विकिरणों की अपेक्षा कम होती है। दूसरी ओर, इनके लिए किसी रेडियोधर्मी स्रोत की आवश्यकता नहीं होती है और उपयोग में न होने पर इलेक्ट्रॉन किरण स्रोत को बंद भी किया जा सकता है। जहां एक ओर, गामा विकिरणों का उपयोग उच्च भेदन क्षमता एवं बड़े आकार के निकायों के किरणन हेतु पसंद किया जाता है वहीं दूसरी ओर अधिक नियंत्रण एवं तेज गति से, रेडियोधर्मियों के बिना किए जाने वाले किरणन हेतु इलेक्ट्रॉन किरणों का उपयोग अनुशंसित है।

एक्स-किरणें - जब इलेक्ट्रॉनों की उच्च-ऊर्जा धारा को लगभग 7.5 मेगा इलेक्ट्रॉन वोल्ट (MeV) तक की इलेक्ट्रॉन ऊर्जा वाले किसी लक्ष्य पदार्थ से परावर्तित किया जाता है तब, जो एक्स-किरणें उत्पन्न होती हैं, उनका उपयोग भी खाद्य-किरणन के लिए किया जा सकता है। इन किरणों की भेदन क्षमता भी अधिक होती है और इलेक्ट्रॉन किरणों की तरह ही इन्हें प्राप्त करने के लिए किसी रेडियोधर्मी स्रोत की आवश्यकता नहीं होती है। साथ ही, उपयोग में न होने पर इन्हें बंद किया जा सकता है। एक्स-किरणों के ये स्रोत बहुत महंगे होते हैं।



गैर-विकिरणित तिलापिया मछली
शेल्फ लाइफ - 7 दिन, 1 डिग्री सेल्सियस



विकिरणित (4000 ग्रे) तिलापिया मछली
शेल्फ लाइफ - 30 दिन, 1 डिग्री सेल्सियस

चित्र -2 तिलापिया मछली के विकिरण प्रसंस्करण से प्राप्त परिणाम



चित्र -1 विकिरणित खाद्य उत्पादों पर अनिवार्य रूप से लगाया जाने वाला चिह्न (लेबल) - 'रेडुरा'

विकिरणित खाद्य उत्पादों पर एक विशेष चिह्न (लेबल), जिसे 'रेडुरा' कहते हैं (चित्र-1), लगाया जाता है, ताकि व्यापारियों, वितरकों एवं उपभोक्ताओं को खाद्य पदार्थ के विकिरणित होने का पता चल सके। वर्तमान में, भारत में 28 खाद्य विकिरण संयंत्र हैं जिनमें से 6 सरकारी क्षेत्र द्वारा और शेष 22 निजी क्षेत्र द्वारा प्रचालनरत हैं। किसान एवं व्यापारी इनका उपयोग कर सकते हैं। भविष्य में इस प्रकार के अनेक संयंत्र लगाने की योजना है।

भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र में, मछली एवं अन्य मत्स्य-खाद्य पदार्थों के परिरक्षण एवं प्रसंस्करण के लिए प्रगत अनुसंधान एवं विकास कार्य किया जा रहा है, जिसका मुख्य उद्देश्य खाद्य गुणवत्ता एवं पौष्टिक गुणों में न्यूनतम क्षय के



गैर-विकिरणित रोहू मछली
शेल्फ लाइफ - 2 दिन, 1 डिग्री सेल्सियस



विकिरणित (4000 ग्रे) रोहू मछली
शेल्फ लाइफ - 23 दिन, 1 डिग्री सेल्सियस

चित्र -3 रोहू मछली के विकिरण प्रसंस्करण से प्राप्त परिणाम

साथ इन खाद्यों की जीवनावधि को बढ़ाने के लिए स्वदेशी तकनीकों एवं विधियों का विकास करना है। चित्र संख्या-2 से 5 में इस दिशा में, केंद्र में किए जा रहे अनुसंधान कार्यों के कुछ परिणामों को दर्शाया गया है।

वैज्ञानिक समुदाय विकिरण तकनीकों के खाद्य-सुरक्षा हेतु संभाव्य अनुप्रयोगों के अन्वेषण एवं विकास हेतु निरंतर प्रयासरत हैं।

फलों, सब्जियों, मछली और मांस उत्पादों को सूक्ष्मजीवी संदूषण से बचाने के लिए विकिरण सबसे अच्छी विधि मानी जाती है। खाद्य विकिरण का व्यापक कार्यान्वयन अन्य पारंपरिक परिशोधन विधियों की तुलना में अपनी उच्च दक्षता और कम लागत के कारण खाद्य-सुरक्षा में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकता है।



लेखक का परिचय



डॉ. प्रशांत कुमार मिश्र

डॉ. प्रशांत कुमार मिश्र वर्तमान में, भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र, मुंबई के खाद्य प्रौद्योगिकी प्रभाग में वैज्ञानिक अधिकारी-ई के पद पर कार्यरत हैं।



गैर-विकिरणित रोहू मछली कतली
शेल्फ लाइफ - 2 दिन, 4 डिग्री सेल्सियस



विकिरणित (2000 ग्रे) और उपचारित रोहू मछली कतली;
शेल्फ लाइफ - 5 दिन, 4 डिग्री सेल्सियस

चित्र -4 रोहू मछली कतली के विकिरण प्रसंस्करण एवं अजवाइन अर्क उपचार के परिणाम



गैर-विकिरणित सुरमई मछली कतली
शेल्फ लाइफ - 2 दिन, 4 डिग्री सेल्सियस



विकिरणित (2000 ग्रे) और सुरमई मछली कतली;
शेल्फ लाइफ - 10 दिन, 4 डिग्री सेल्सियस

चित्र -5 सुरमई मछली कतली के विकिरण प्रसंस्करण एवं अजवाइन अर्क उपचार के परिणाम