खाद्य प्रसंस्करण में नवीनतम प्रौद्योगिकियां

अंकित कुमार[1] राजीव रंजन ठाकुर[2]

[1]शोध छात्र, कृषि और खाद्य इंजीनियरिंग विभाग, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, खड़गपुर, पश्चिम बंगाल, 721302
[2]रिसर्च स्कॉलर, कृषि प्रसंस्करण और संरचना विभाग, आईसीएआर–केंद्रीय कृषि इंजीनियरिंग संस्थान, भोपाल,

अनुरूपी लेखक का ईमेलः rajeevranjan1435@gmail.com

सारांश

ताजा, पौष्टिक और न्यूनतम प्रसंस्कृत खाद्य पदार्थों की उपभोक्ता मांग हाल ही में बढ़ी है। सुरक्षित और स्वस्थ खाद्य पदार्थों के लिए इस नए चलन ने नवीन खाद्य प्रसंस्करण प्रौद्योगिकियों के विकास को प्रेरित किया है जो पोषक तत्वों को कम नुकसान पहुंचाते हैं और स्वाद, उपस्थिति और पोषण से समझौता किए बिना उत्पाद की गुणवत्ता बनाए रखते हैं। कोल्ड प्लाज्मा, हाइपरबेरिक स्टोरेज, स्मार्ट पैकेजिंग, सुपर क्रिटिकल फ्लुइड एक्सट्रैक्शन, स्मार्ट ग्रेन स्टोरेज सिस्टम और सौर ऊर्जा के रूप में नवीकरणीय ऊर्जा उपयोग जैसी कुछ नई तकनीकों ने कई खाद्य प्रोसेसरों के साथ–साथ वैज्ञानिकों को भी आकर्शित किया है। इन तकनीकों का कई खाद्य वस्तुओं के लिए बहुत अच्छी तरह से शोध किया गया है और आर्थिक रूप से व्यवहार्य, कुशल और पर्यावरण के अनुकूल पाया गया है। हालांकि, अभी तक इन प्रौद्योगिकियों का व्यावसायीकरण नहीं किया गया है, इसलिए विभिन्न खाद्य प्रसंस्करण क्षेत्र में उनके बेहतर अनुप्रयोग के लिए और उनकी इष्टतम क्षमता का दोहन करने के लिए इन प्रौद्योगिकियों के तेजी से व्यावसायीकरण के साथ–साथ औद्योगीकरण की आवश्यकता है।

प्रमुख शब्द (कीवर्ड): शीत प्लाज्मा, सुपर क्रिटिकल फ्लूइड एक्सट्रैक्शन, क्रांतिक तापमान, स्पेक्ट्रोस्कोपीय सेंसर

परिचय

पिछले कुछ दशकों में लगातार बढ़ती जनसंख्या की वैश्विक खाद्य आवश्यकता को पूरा करने के लिए लगभग सभी खाद्य प्रसंस्करण क्षेत्र तेजी से अगले स्तर तक बढ़ गए हैं। भारत का खाद्य प्रसंस्करण उद्योग दुनिया के सबसे बड़े उद्योगों में से एक है, जिसका उत्पादन 2025–26 तक 535 बिलियन अमेरिकी डॉलर तक पहुंचने का अनुमान है। यह मेक इन इंडिया पहल के तहत भारतीय सरकारों की प्राथमिकता पर है। भारत विभिन्न प्रकार के कृषि उत्पादों का एक प्रमुख उत्पादक है, और जैसे–जैसे दुनिया की आबादी बढ़ रही है, भारतीय–निर्मित भोजन की मांग भी बढ़ रही है। भारत की खाद्य आपूर्ति कमी से अधिशेष में परिवर्तित हो रही है, जो नई और उन्नत खाद्य प्रसंस्करण प्रौद्योगिकियों के रास्ते खोलती है। हाल के वर्षों में, भारत के खाद्य प्रसंस्करण व्यवसाय को इसकी तीव्र वृद्धि और आय के लिए जाना जाता है, जो साल–दर–साल वैश्विक खाद्य वाणिज्य में इसके योगदान को बढ़ाता है। भारत अब अपनी कृषि उपज का 10 प्रतिशत से भी कम संसाधित करता है, प्रसंस्करण स्तरों के विस्तार और इस क्षेत्र में निवेश को आकर्षित करने के लिए भारी संभावनाएं पैदा करता है। नई खाद्य प्रसंस्करण तकनीकें इस क्षेत्र में

https://doi.org/10.52151/aet2022464.1608

एक संभावित योगदानकर्ता हो सकती हैं। खाद्य प्रसंस्करण में उन्नत शोध की शुरुआत के साथ, पारंपरिक खाद्य प्रसंस्करण तकनीकों की कुछ सीमाएँ हैं जैसे उनकी प्रसंस्करण क्षमता, अंतिम उत्पाद की गुणवत्ता और पर्यावरण और अर्थव्यवस्था के लिए व्यवहार्यता। इसलिए, पारंपरिक से नई स्मार्ट प्रोसेसिंग तकनीक में बदलाव समय की मांग है।

इस पहलू पर विचार करते हुए, यह तकनीकी लेख कुछ नई खाद्य प्रसंस्करण तकनीकों की जानकारी देता है, जिसमें उनके तंत्र के साथ–साथ इंस्ट्रूमेंटेशन भी शामिल है। इन तकनीकों से संबंधित वर्तमान शोधों का एक संक्षिप्त अवलोकन अनुसंधान की प्रवृत्ति के साथ–साथ उन्नति के दायरे और अपनाने की व्यवहार्यता को प्रभावी ढंग से देखने के लिए आवश्यक है। इसलिए प्रौद्योगिकियों की तकनीकी, किफायती और साथ ही पर्यावरण व्यवहार्यता पर भी चर्चा की गई है।

१. खाद्य प्रसंस्करण के लिए शीत प्लाज्मा प्रौद्योगिकी

कोल्ड प्लाज्मा एक अनूठी गैर–थर्मल तकनीक है जिसने खाद्य उद्योग में जबरदस्त क्षमता का प्रदर्शन किया है। प्लाज्मा पूरी तरह से आयनित होता है और फोटॉन और मुक्त इलेक्ट्रॉनों से बना होता है, साथ ही परमाणु तटस्थ आवेश के साथ उत्तेजित अवस्था में होते हैं। प्लाज्मा में दो प्रकार की प्रजातियां होती हैंः हल्की (फोटॉन) और भारी (परमाणु)। प्लाज्मा को दो प्रकारों में बांटा गया हैः थर्मल और गैर–थर्मल प्लाज्मा, जो उनके पीढ़ी तंत्र द्वारा प्रतिष्ठित हैं। थर्मल प्लाज्मा उत्पादन के लिए भारी इलेक्ट्रॉनों के साथ उच्च दबाव और तापमान की आवश्यकता होती है। एन.टी.पी. (नॉन–थर्मल या नियर एम्बिएंट टेम्परेचर प्लाज्मा) वातावरण या निर्वात में 30–60° के तापमान पर उत्पन्न होता है और इसके लिए बहुत कम ऊर्जा की आवश्यकता होती है।

शीत प्लाज्मा प्रौद्योगिकी की प्रभावकारिता और चुनौतियां

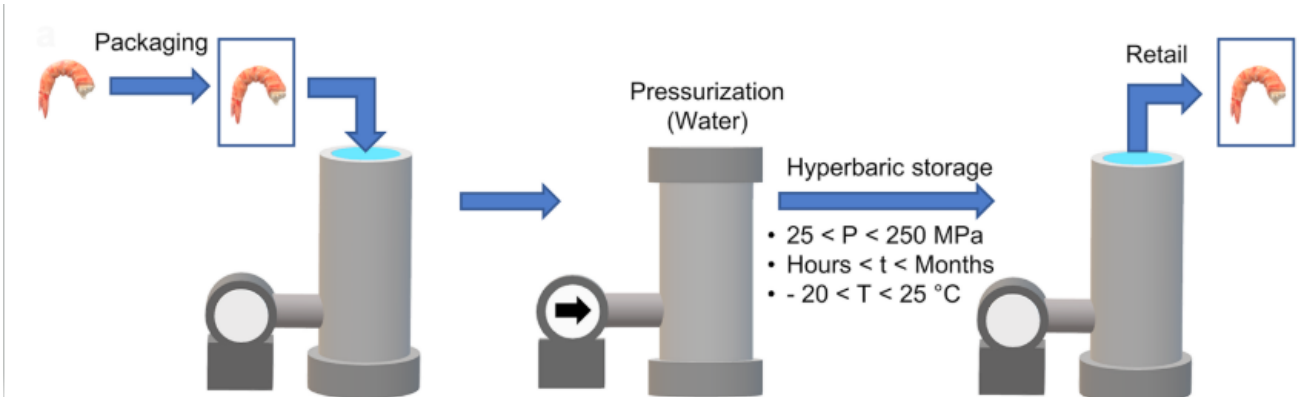
पूर्वानुमान अवधि के दौरान 15.0 प्रतिशत के वार्षिक चक्रवृद्धि वृद्धि दर (सीएजीआर) पर दुनिया भर में ठंडे प्लाज्मा बाजार के 2021 में 1.6 बिलियन अमरीकी डालर से बढ़कर 2026 में 3.3 बिलियन अमरीकी डालर तक बढ़ने की उम्मीद है। इसी तरह के अनुप्रयोगों के लिए उपयोग की जाने वाली अन्य तकनीकों की तुलना में इसके कई अलग–अलग फायदे हैं, जिसमें पर्यावरण के अनुकूल प्रकृति भी शामिल है। प्लाज्मा प्रक्रियाओं के कई फायदे हैं, जिनमें कम तापमान पर उच्च दक्षता, इच्छित उपयोग के लिए उपयुक्त प्लाज्मा का सटीक उत्पादन, कार्यकारी एजेंट का समय पर उत्पादन, आंतरिक उत्पाद मैट्रिक्स पर कम प्रभाव, पानी या सॉल्वैंट्स के बिना प्रयोग, कोई अपशिष्ट नहीं एवं संसाधन दक्षता। पारंपरिक वायु उपचार विधियों की तुलना में, खाद्य मैट्रिक्स से विषाक्त और हानिकारक वाष्पशील कार्बनिक यौगिकों (वीओसी) को हटाने में कोल्ड प्लाज्मा तकनीक का मुख्य लाभ है। इसमें अपेक्षाकृत कम ऊर्जा खपत की भी आवश्यकता होती है और इसमें अपेक्षाकृत कम ऑपरेटिंग तापमान (श्लुटर एवं अन्य, 2013) पर वीओसी की कम सांद्रता वाली हवा का उपचार करने की क्षमता होती है। इस तकनीक में जटिल उपकरण और उच्च प्रारंभिक निवेश प्रमुख चुनौतियां हैं जो इस पर अनुसंधान में प्रगति के साथ निपट रहे हैं। प्लाज्मा उत्पादन इकाई की स्थापना के लिए उच्च पूंजी निवेश की आवश्यकता इस तकनीक की प्रमुख सीमाएं हैं।

2. भोजन के लिए हाइपरबेरिक स्टोरेज सिस्टम

भोजन का हाइपरबेरिक भंडारण एक नई खाद्य संरक्षण तकनीक है जो सामान्य तापमान या प्रशीतन तापमान पर खाद्य सामग्री के उच्च दबाव भंडारण पर निर्भर करती है। चूंकि, उच्च दबाव (एचपी) तकनीक में गर्मी की आवश्यकता नहीं होती है, यह माइल्डफूड प्रिजर्वेशन के लिए संभावित तकनीकों में से एक है, क्योंकि यह फूड ऑर्गेनोलेप्टिक और पोषण संबंधी नुकसान को कम करता है। खाद्य और जैव प्रौद्योगिकी में एचपी का उपयोग हाल के वर्षों में तेजी से बढ़ा है, विशेष रूप से खाद्य पदार्थों के व्यावसायिक पाश्चुरीकरण, एंजाइम निष्क्रियता, प्रोटीन संशोधन और खाद्य भौतिक रासायनिक गुणों के संरक्षण के लिए। खाद्य व्यवसाय में खपत ऊर्जा का लगभग आधा हिस्सा ठंडा करने के लिए उपयोग किया जाता है, जिसने शीतलन प्रक्रिया के दौरान होने वाली स्थिरता और प्रतिकूल पर्यावरणीय प्रभाव के बारे में चिंता पैदा की है (बासो एवं अन्य, 2022)। संभावित ऊर्जा बचत के कारण, भंडारण के दौरान खाद्य संरक्षण के लिए एचपी प्रौद्योगिकी के उपयोग ने हाल के वर्षों में रुचि दिखाई है।

प्रौद्योगिकी की व्यवहार्यता

हाइपरबेरिक स्टोरेज तकनीक को आर्थिक रूप से व्यवहार्य पाया जाता है और साथ ही पर्यावरण के अनुकूल माना जाता है, क्योंकि इससे कोई विकिरण या पर्यावरण पर कोई अन्य प्रतिकूल प्रभाव नहीं पड़ता है। उनकी परिचालन लागत के संदर्भ में प्रशीतन प्रणाली की तुलना में यह प्रणाली किफायती है। हालांकि प्रारंभिक निवेश इसकी जटिल प्रणाली के कारण बहुत अधिक है, जिसके लिए उच्च श्रेणी के दबाव के साथ काम करने के लिए बहुत मजबूत उपकरण और डिजाइन की आवश्यकता होती है, फिर भी परिचालन लागत बहुत कम है। प्रशीतन और अन्य कोल्ड–चेन स्टोरेज सिस्टम की तुलना में एच.एस. की ऊर्जा लागत बहुत कम है। स्ट्रॉबेरी फल के लिए प्रतिशत भंडारण प्रणाली के लागत विश्लेषण की तुलना एच.एस. के साथ की गई थी जिसमें सुझाव दिया गया था कि प्रतिशत भंडारण की कुल लागत 0.08 यूरो प्रति किलोग्राम रस थी जहां बिजली के संदर्भ में परिचालन लागत सबसे अधिक प्रासंगिक है (कुल लागत का 32 प्रतिशत) (बरमेजो) –प्रादा एवं अन्य, 2017)। एच.एस.–आर. टी. की कुल लागत 0.29 यूरो प्रति किग्रा जूस थी, जहां शुरुआती निवेश में लागत का काफी हिस्सा था। इसी तरह के अध्ययन में हाइपरबेरिक भंडारण के लिए 0.0042 किलोग्राम/2 प्रति किलोग्राम रस



आकृति 1: थोक तरल खाद्य पदार्थों के लिए हाइपरबेरिक स्टोरेज सिस्टम का 1 योजनाबद्ध आरेख (बासो एवं अन्य, 2022)

की तुलना में प्रतिशत भंडारण के लिए 0.1085 किलोग्राम कार्बन डाई ऑक्साइड प्रति किलोग्राम रस दिखाते हुए कार्बन फुटप्रिंट (सी.एफ.) गणना का उपयोग करके पर्यावरणीय प्रभाव निर्धारित किया गया था।

3. सेंसर आधारित अनाज भंडारण प्रणाली

कटाई के बाद अनाज का नुकसान प्रमुख समस्याओं में से एक है। दुनिया की खाद्य आपूर्ति बढ़ाने के लिए सेंसर आधारित तकनीक का उपयोग कर कटाई के बाद अनाज प्रबंधन सबसे महत्वपूर्ण लागत प्रभावी तरीका है। भंडारण के दौरान गुणवत्ता मूल्यांकन के संदर्भ में सेंसर में बहुत अधिक संभावनाएं हैं। तापमान और आर्द्रता प्रमुख पर्यावरणीय तत्व हैं जिनका भंडारण प्रक्रिया के दौरान अनाज की गुणवत्ता पर सीधा प्रभाव पड़ता है। अन्य पैरामीटर जैसे मोल्ड विकास, कीट गतिविधि इत्यादि, इन परिवर्तनों के परिणाम हैं। मायकोटॉक्सिन पैदा करने वाली फफूंद सहित विभिन्न प्रकार की मोल्ड प्रजातियों का निर्माण, अनाज के क्षरण में महत्वपूर्ण योगदान देता है। कार्बनडाईऑक्साइड का स्तर बढ़ने से कीड़ों, मोल्ड की उपस्थिति के पक्ष में वृद्धि होती है। जैविक कीट खराब होने के दौरान कार्बन डाइऑक्साइड और गंध वाष्पशील छोड़ते हैं, जिसका उपयोग आसन्न अनाज सड़ने के विश्वसनीय संकेत के रूप में किया जा सकता है (थानुश्री एवं अन्य, 2018)। अनाज द्रव्यमान के ऊपर हेडस्पेस में वाष्पशील अणुओं का विश्लेषण फंगल गिरावट का पता लगाने के लिए एक आशाजनक और त्वरित तरीका है।

अनाज भंडारण अध्ययन के लिए सेंसर प्रौद्योगिकी में हालिया विकास

अनाज की गुणवत्ता का पता लगाने में हाल के विकास में उनके विश्लेषण के लिए एक महत्वपूर्ण उपकरण के रूप में वर्णक्रमीय अवलोकन और केमोमेट्रिक्स के साथ सेंसर शामिल हैं, जो संग्रहीत अनाज के सूक्ष्म वातावरण के बारे में सभी विवरणों को खोजने के लिए एक एल्गोरिथ्म विकसित करते हैं। वायरलेस संचालित कृत्रिम बुद्धि–आधारित प्रौद्योगिकियां समय की आवश्यकता हैं। इसने विभिन्न प्रकार के औद्योगिक अनुप्रयोगों में महत्वपूर्ण वादा दिखाया है। वाइब्रेशनल स्पेक्ट्रोस्कोपी आधारित अनाज की गुणवत्ता का पता लगाना इस क्षेत्र में नया है। आण्विक कंपन स्पेक्ट्रोस्कोपी तकनीक सामग्री का सटीक फिंगरप्रिंट उत्पन्न करती है जो उनके रासायनिक मेकअप के आधार पर भिन्न होती है। इन्फ्रारेड स्पेक्ट्रोस्कोपी और रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी ने मात्रात्मक (कार्यात्मक समूह) और गुणात्मक अनाज विश्लेषण दोनों में व्यापक उपयोग पाया है(पांडीसेल्वम एवं अन्य, 2021)।

केमोमेट्रिक्स के साथ–साथ आधुनिक कंप्यूटिंग तकनीकों के साथ मिलकर नई स्पेक्ट्रोस्कोपिक तकनीकों की उच्च प्रारंभिक निवेश लागत है। इनके लिए अत्यधिक तकनीकी ज्ञान के साथ अत्यधिक कुशल कार्यबल की आवश्यकता होती है। एक बार ठीक से स्थापित होने के बाद, ए.आई. और मशीन लर्निंग तकनीकों के समावेष के साथ, वे सीधे डेटा दे सकते हैं जिसका उपयोग वास्तविक समय की निगरानी और संग्रहीत अनाज गुणवत्ता मापदंडों के मूल्यांकन के रूप में किया जा सकता है। इसलिए, एक औद्योगिक अनुप्रयोग के लिए संपूर्ण प्रणाली कुशल और आर्थिक रूप से व्यवहार्य लगती है। इस क्षेत्र में चल रहे शोध प्रारंभिक निवेश को भी कम करने की कोशिश कर रहे हैं।

4. सुपरक्रिटिकल फ्लूइड एक्सट्रैक्शन टेक्नोलॉजी

सुपरक्रिटिकल फ्लुइड एक्सट्रैक्शन प्लांट मैटर से पोलर और नॉनपोलर कंपाउंड्स को निकालने के लिए एक पर्यावरण अनुकूल तरीका है। थर्मोडायनामिक क्रिटिकल पॉइंट से ऊपर के तापमान पर मौजूद किसी भी पदार्थ को सुपरक्रिटिकल फ्लुइड कहा जाता है। एक सुपरक्रिटिकल तरल पदार्थ की बड़े पैमाने पर स्थानांतरण विशेषताएं, जैसे द्रव और विश्लेषण प्रसार गुणांक, अधिक हैं, जिसके परिणामस्वरूप बेहतर निष्कर्षण प्रवाह और तेजी से निष्कर्षण होता है (आलम, 2012)। एक सुपरक्रिटिकल द्रव गैस और तरल गुणों का मिश्रण है। इसमें घुलनशीलता और विसारकता में वृद्धि हुई है, जो दोनों निष्कर्षण के लिए महत्वपूर्ण हैं। घनत्व और सॉल्वेशन विशेषताओं, साथ ही डाईइलेक्ट्रिक स्थिरांक, चिपचिपाहट और आत्म–विसरण, सभी सुपरक्रिटिकल तरल पदार्थों में नाटकीय रूप से बदलते हैं। क्योंकि एससीएफ में कोई असतत् चरण नहीं होते हैं, सतह का तनाव कम होता है,

जो इंटरफेसियल मास ट्रांसफर विशेषताओं और झरझरा ठोस मेट्रिसेस के प्रवेश में सुधार करता है। निष्कर्षण के इस रूप में, ऑक्सीकरण, हाइड्रोलिसिस और गिरावट जैसी कई अवांछित प्रक्रियाओं से बचा जाता है। इसकी कम महत्वपूर्ण स्थिरांक महत्वपूर्ण तापमान (31 डिग्री सेल्सियस) और दबाव (74 बार), कम लागत, गैर–विशाक्तता, रासायनिक जड़ता और गैर–ज्वलनशीलता के कारण, कार्बनडाई आक्साइड अधिकांश एससीएफ निष्कर्षण प्रक्रिया के लिए उपयुक्त है।

5. *स्मार्ट पैकेजिंग*

स्मार्ट पैकेजिंग को सक्रिय और बुद्धि मान पैकेजिंग दोनों को एकीकृत करके विकसित किया गया है। यह ऐसा पैकेज है जो एकीकृतता को बनाए रखता है और सक्रिय रूप से खाद्य खराब होने से रोकता है, उत्पाद की गुणवत्ता को बढ़ाता है, उत्पाद या पैकेज किए गए वातावरण में परिवर्तन के लिए सक्रिय रूप से प्रतिक्रिया करता है, उपयोगकर्ता को उत्पाद की जानकारी, उत्पाद इतिहास या स्थिति को संप्रेशित करता है, खोलने में सहायता करता है और सील की अखंडता को इंगित करता है और उत्पाद की प्रामाणिकता की पुष्टि करता है (शेफर और चेउंग, 2018)।

वर्तमान में तीन प्रमुख प्रकार के स्मार्ट पैकेजिंग सिस्टम उपलब्ध हैं, अर्थात् सेंसर (बायोसेंसर, गैस सेंसर), संकेतक (तापमान, ताजगी), और डेटा वाहक (बारकोड, आरएफआईडी)। इसके अलावा, स्मार्ट पैकेजिंग में उपयोग किए जाने वाले सेंसर को रिसेप्टर के प्रकार, ट्रांसड्यूसर के ऑपरेटिंग सिद्धांत और एप्लिकेशन के मोड आदि के अनुसार वर्गीकृत किया जा सकता है।

सेंसर आधारित स्मार्ट पैकेजिंग सिस्टम के अनुप्रयोग पर अब तक सीमित कार्य की सूचना मिली है। फर्नांडीज–सैज एवं अन्य, (2010) ने एसिटिक एसिड के पानी/आइसोप्रोपानोल समाधानों से समाधान कास्टिंग द्वारा ईवीओएच सह–पॉलिमर के साथ चिटोसन के जल बाधा नवीन मिश्रणों को विकसित किया, जो प्रोटोनेटेड ग्लूकोसामाइन अंशों की रिहाई से रोगाणुरोधी प्रदर्शन प्रदर्शित करता है। यह देखा गया कि EVOH/ चिटोसन (80/20 वॉट प्रतिशत) फिल्मों को बहुत कम आरएच और हल्के तापमान (4–23 डिग्री सेन्टीग्रेड) पर रोगाणुरोधी पैकेजिंग फिल्म के रूप में इस्तेमाल किया जा सकता है ताकि फिल्म की रोगाणुरोधी गतिविधि को बनाए रखा जा सके। अडे एवं अन्य, (2011) ने स्ट्रॉबेरी की गुणवत्ता पर ऑक्सीजन अवशोषक और कार्बन डाइऑक्साइड अवशोषक के प्रभाव का अध्ययन किया और शेल्फ जीवन विस्तार पर उनका प्रभाव पाया। हालाँकि, आपूर्ति श्रृंखला के दौरान खुदरा पैकेजिंग प्रणाली में स्मार्ट पैकेजिंग प्रणाली ने अभी तक अपनी पूरी क्षमता प्राप्त नहीं की है। उपरोक्त तथ्यों को देखते हुए, ओ'कैलाघन और केरी, (2016) ने उपभोक्ता ज्ञान और पनीर शेल्फ लाइफ अपेक्षा, उन्नत पैकेजिंग प्रौद्योगिकियों (स्मार्ट, सक्रिय और बुद्धिमान पैकेजिंग और नैनो टेक्नोलॉजी) से संबंधित दृष्टिकोण का पता लगाने के लिए एक सर्वेक्षण किया। उन्होंने बताया कि यदि उत्पाद प्राप्तकर्ताओं को पनीर और ऐसे अन्य उत्पादों के लिए स्मार्ट तकनीकों के रोजगार के लिए पर्याप्त रूप से शिक्षित किया जाना चाहिए तभी इस तकनीक का एक आशावादी भविष्य है।

संदर्भ

1. अडे एमएस, कैनर सी, और राहवल एफ. (2011)। स्ट्रॉबेरी की गुणवत्ता पर ऑक्सीजन और कार्बन डाइऑक्साइड अवशोषक का प्रभाव। पोस्ट हार्वेस्ट बायोलॉजी एंड टेक्नोलॉजी, 62(2), पीपी. 179–187.
2. आलम एमएस(2012). आवश्यक तेलों का निश्कर्शण–समय की आवश्यकता। एग्रीकल्चरल इंजीनियरिंग टुडे, 36(1), पीपी. 24–30.
3. बस्सो एफ, मंजोको एल, और निकोली एमसी.(2022)। भोजन का हाइपरबेरिक भंडारणः अनुप्रयोग, चुनौतियाँ और परिप्रेक्ष्य। खाद्य इंजीनियरिंग समीक्षा 14(1). स्प्रिंगर यूएसः पीपी. 20–30।
4. बरमेजो–प्रादा, कोलमेंट ए, और ओटेरो एल (2017)। कमरे के तापमान पर खराब होने वाले खाद्य पदार्थों को स्टोर करने के लिए हाइपरबेरिक विधि की औद्योगिक व्यवहार्यता। जर्नल ऑफ फूड इंजीनियरिंग 193: पीपी 76–85।
5. फर्नांडीज–सैज पी, ओसियो एमजे, और लैगरोन जेएम.(2010)। एथिलीन–विनाइल अल्कोहल कोपोलिमर के साथ जीवाणुरोधी चिटोसन–आधारित मिश्रण। कार्बोहाइड्रेट पॉलिमर, 80(3), पीपी. 874–884।
6. मिश्रा आर और त्रिवेदी एच. (2020)। कोल्ड प्लाज्माः इमर्जिंग ऐज द न्यू स्टैंडर्ड इन फूड सेफ्टी कोल्ड प्लाज्माः इमर्जिंग ऐज द न्यू स्टैंडर्ड इन फूड सेफ्टी रितेश मिश्रा', सनी भाटिया, रमेश पाल, अमित विसेन और हिमांशु त्रिवेदी। (फरवरी 2016)।
7. ओ'कालाघन केए और केरी जेपी। (2016)। पनीर उत्पादों के लिए स्मार्ट पैकेजिंग तकनीकों के अनुप्रयोग के प्रति उपभोक्ता का दृष्टिकोण। खाद्य पैकेजिंग और शेल्फ लाइफ, 9, 1–9।
8. पांडीसेल्वम आर, श्रुति एनयू, कुमार ए, कोठाकोटा ए, थिरुमदास आर, रमेश एसवी, और कोजोलिनो डी। (2021)। अनाज उद्योग में कंपन संबंधी स्पेक्ट्रोस्कोपिक तकनीकों के हालिया अनुप्रयोग। फूड रिव्यूज इंटरनेषनल, 00(00), पीपी. 1–31।
9. थानुश्री एमपी, विमला बीएसके, मोसेस जेए, और आनंदरामकृश्णन सी. (2018)। भंडारित अनाजों में कीड़ों के प्रकोप का पता लगाने की तकनीकें। एग्रीकल्चरल इंजीनियरिंग टुडे, 42(4), पीपी. 48–56.
10. श्ल्यूटर ओ, एहलबेक जे, और हर्टेल सी। (2013)। खाद्य पदार्थों के उपचार के लिए प्लाज्मा प्रक्रियाओं के उपयोग पर राय। आणविक पोषण और खाद्य अनुसंधान 57(5): पीपी. 920–927.
11. शेफर डी और चेउंग डब्ल्यूएम। (2018)। स्मार्ट पैकेजिंगः अवसर और चुनौतियां। प्रोसीडिया सीआईआरपी, 72, पीपी। 1022–1027