Krishi Kumbh
Online E-Magazine
Www.KrishiKumbh.Com

कृषि कुंभ

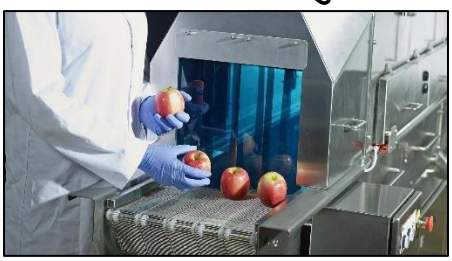
E-ISSN: 2582-9769

कृषि कुंभ
हिंदी मासिक पत्रिका

खण्ड 05 भाग 02, (जुलाई, 2025)
पृष्ठ संख्या 21–24

कोल्ड प्लाज्मा तकनीक का खाद्य प्रसंस्करण में उपयोग

सुदीप दास[1], भावना[2], डॉ. मोनिका माथुर[3], गिरीश गोयल[4] एवं डॉ. दीप्ति झा[5]



[1]सहायक प्रोफेसर कम जूनियर साइंटिस्ट,
प्लांट फिजियोलॉजी और बायोकेमिस्ट्री विभाग,
बिहार कृषि कॉलेज, बिहार कृषि विश्वविद्यालय, सबौर, भागलपुर
[2]पीएचडी विद्वान, एग्रोनॉमी,
गुरु काशी विश्वविद्यालय, तलवंदी सबो, भाटिंडा,
[3]रसर्च स्कोलर, डिपार्टमेंट ऑफ होम साइंस, मगध विश्वविद्यालय, बोधगया, बिहार
[4]सहायक निदेशक, अनुसंधान निदेशालय, आचार्य नरेंद्र देव कृषि और प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय,
कुमारगंज, अयोध्या (यू.पी.), [5]सहायक प्रोफेसर, आई.जी.के.वी., रायपुर, भारत।

Email Id: –spchf12@rediffmail.com

प्लाज्मा पदार्थ की चौथी अवस्था है, जो ठोस, तरल और गैस के बाद आती है। यह तब बनता है जब गैस को बहुत अधिक ऊर्जा प्रदान की जाती है, जिससे उसके अणु आयनित (पवदप्रमकद्ध हो जाते हैं। इस प्रक्रिया में इलेक्ट्रॉन और आयन अलग हो जाते हैं, जिससे एक विशेष प्रकार का ऊर्जा भरा गैसीय पदार्थ बनता है, जिसे प्लाज्मा कहते हैं।

कोल्ड प्लाज्मा एक गैर–थर्मल प्लाज्मा है, जो कम तापमान पर कार्य करता है। इसे सामान्यतः कम दबाव पर या कमरे के तापमान पर उत्पन्न किया जाता है।

इसमें निम्नलिखित घटक शामिल होते हैं:

- **इलेक्ट्रॉन:** नकारात्मक रूप से आवेशित कण।
- **आयन:** सकारात्मक या नकारात्मक रूप से आवेशित कण।
- **न्यूट्रल कण:** बिना आवेश के कण।
- **रेडिकल्स:** अत्यधिक प्रतिक्रियाशील अणु।

वायुमंडलीय दबाव पर प्लाज्मा का निर्माण कोरोना डिस्चार्ज, डाइलेक्ट्रिक बैरियर डिस्चार्ज रेडियो–फ्रीक्वेंसी प्लाज्मा और ग्लाइडिंग आर्क डिस्चार्ज द्वारा किया जाता है। इसके विपरीत, थर्मल प्लाज्मा उच्च दबाव पर उत्पन्न होते हैं, उच्च शक्ति की आवश्यकता होती है, और इलेक्ट्रॉनों और भारी प्रजातियों के बीच लगभग थर्मल संतुलन होता है।

कोल्ड प्लाज्मा एक नई गैर–थर्मल खाद्य प्रसंस्करण तकनीक है जिसे रोगजनक सूक्ष्मजीवों के निष्क्रियकरण और खाद्य सुरक्षा सुधार के लिए डिजाइन किया गया है। कोल्ड प्लाज्मा एक आयनीकृत गैस है जिसमें कई प्रकार की प्रजातियाँ शामिल होती हैं, जैसे कि इलेक्ट्रॉन, सकारात्मक और नकारात्मक आयन, मुक्त रेडिकल्स, गैस परमाणु और फोटॉन। यह उन प्रक्रियाओं के लिए उपयुक्त है जिनमें उच्च तापमान की सिफारिश नहीं की जाती है।

कोल्ड प्लाज्मा को अक्सर प्रयोगशालाओं और उद्योगों में एक विद्युत चमक निर्वहन के द्वारा निम्न दबाव पर उत्पन्न किया जाता है। इसके लिए विभिन्न आवृत्तियों वाले विद्युत क्षेत्र का उपयोग किया जाता है: ऑडियो फ्रीक्वेंसी (AF, मुख्य रूप से 10–50 kHz की रेंज में) , रेडियो फ्रीक्वेंसी (RF, मुख्य रूप से 13–56 MHz), और माइक्रोवेव फ्रीक्वेंसी (MW, मुख्य रूप से 2–45 GHz)। कभी–कभी, एक डायरेक्ट करंट (DC) डिस्चार्ज का भी उपयोग किया जाता है।

कोल्ड प्लाज्मा (Cold Plasma) का उपयोग विभिन्न खाद्य पदार्थों जैसे फलों, मांस उत्पादों, चीज आदि पर सूक्ष्मजीवों के विनाश के लिए किया गया है। इसके अलावा, इसका उपयोग बीजों की अंकुरण दर को बदलने के लिए भी किया जाता है। खाद्य उद्योग में ठंडे प्लाज्मा का उपयोग कच्चे कृषि उत्पादों (जैसे सेब, लेट्यूस, बादाम, आम और खरबूजे), अंडे की सतह और पके हुए मांस, चीज जैसे वास्तविक खाद्य प्रणालियों की स्वच्छता के लिए किया गया है। यह एक पर्यावरण अनुकूल प्रक्रिया है जिसका उपयोग खाद्य संरक्षण और अन्य संभावित अनुप्रयोगों में आम तकनीकों के विकल्प के रूप में किया जाता है।

कोल्ड प्लाज्मा तकनीक का उपयोग खाद्य प्रसंस्करण में बहुत महत्वपूर्ण और आधुनिक विधि के रूप में उभर रहा है।

कोल्ड प्लाज्मा के अनुप्रयोग:

खाद्य संरक्षण: कोल्ड प्लाज्मा तकनीक का उपयोग खाद्य पदार्थों की सतह पर मौजूद सूक्ष्मजीवों, बैक्टीरिया, और फफूंद को नष्ट करने के लिए किया जाता है। इससे खाद्य पदार्थों का शेल्फ लाइफ बढ़ता है और उनकी गुणवत्ता में सुधार होता है। एक अध्ययन में पाया गया कि कोल्ड प्लाज्मा के प्रयोग से 90: तक बैक्टीरिया और फफूंद को नष्ट किया जा सकता है। कोल्ड प्लाज्मा के प्रभाव से सलाद के पत्तों का शेल्फ लाइफ 90% तक बढ़ाया जा सकता है। कच्चे कृषि उत्पादों को अक्सर बीमारी के प्रकोप में संलिप्त पाया गया है। किसी भी उपचार को लागू करते समय यह सुनिश्चित करना आवश्यक है कि खाद्य पदार्थ की सूक्ष्मजीवविज्ञानी सुरक्षा बनी रहे और उसके संवेदी, पोषण और कार्यात्मक गुणों में न्यूनतम परिवर्तन हो। पारंपरिक रूप से, नसबंदी के लिए जैसे हीट, रासायनिक समाधान और गैसें (उदाहरण के लिए एथिलीन ऑक्साइड, हाइड्रोजन पेरोक्साइड) का उपयोग फलों, मसालों, नट्स आदि की सतह कीटाणुरहित करने के लिए किया जाता है, जो अक्सर समय लेने वाले, हानिकारक या विषाक्त अवशेष छोड़ने वाले होते हैं। कोल्ड प्लाज्मा के रोगाणु निष्क्रियकरण प्रभाव संभावित रूप से ताजे उत्पादों के लिए एक उपचार चरण प्रदान कर सकते हैं, जिससे सूक्ष्मजीव भार कम हो सकता है बिना पोषण और अन्य महत्वपूर्ण गुणों को प्रभावित किए।

वायरस और बैक्टीरिया का उन्मूलन:

यह तकनीक वायरस और बैक्टीरिया को निष्क्रिय करने में सक्षम है, जिससे खाद्य पदार्थों की सुरक्षा बढ़ती है। कोल्ड प्लाज्मा का उपयोग सलाद, फल, सब्जियों और अन्य खाद्य पदार्थों की सतह पर किया जा सकता है। एक अध्ययन में, कोल्ड प्लाज्मा तकनीक का उपयोग करने से 99.9% नोरोवायरस और हेपेटाइटिस ए वायरस को निष्क्रिय किया गया। कोल्ड प्लाज्मा के संपर्क में आने पर वायुमंडलीय ऑक्सीजन और नाइट्रोजन के अणु रिएक्टिव ऑक्सीजन स्पीशीज और रिएक्टिव नाइट्रोजन स्पीशीज में बदल जाते हैं। ये उच्च रिएक्टिव स्पीशीज होते हैं जो जैविक अणुओं के साथ तीव्रता से प्रतिक्रिया करते हैं। बैक्टीरिया और वायरस की सतह पर रिएक्टिव

ऑक्सीजन स्पीशीज के कारण ऑक्सीडेटिव स्ट्रेस उत्पन्न होता है, जो उनके सेल मेंब्रेन को नुकसान पहुँचाता है। इससे बैक्टीरिया और वायरस की संरचना टूट जाती है। कोल्ड प्लाज्मा द्वारा उत्पन्न इलेक्ट्रॉन्स और आयन बैक्टीरिया और वायरस के अंदर पहुँचकर उनके DNA या RNA को नुकसान पहुँचाते हैं। इससे उनका प्रजनन और वृद्धि रुक जाती है। ताजे फलों और सब्जियों पर कोल्ड प्लाज्मा के उपयोग से एशरिचिया कोली (E. coli) और सैल्मोनेला (Salmonella) बैक्टीरिया को 95% तक घटाया जा सकता है।

कीटनाशक अवशेष हटाना:

कोल्ड प्लाज्मा तकनीक का उपयोग खाद्य पदार्थों से कीटनाशक अवशेषों को हटाने के लिए किया जाता है। इससे खाद्य पदार्थ अधिक सुरक्षित और स्वास्थ्यवर्धक बनते हैं। कोल्ड प्लाज्मा के उपयोग से 80% से अधिक कीटनाशक अवशेषों को हटा दिया जा सकता है। सेब और अंगूर जैसे फलों पर इसका प्रयोग करके कीटनाशक अवशेष को 70% तक कम किया जा सकता है।

सैल्मोनेला एसपीपी को अंडे उपभोक्ताओं के लिए एक संभावित खतरा के रूप में बड़े पैमाने पर रिपोर्ट किया गया है और कीटाणुरहित करने के विकल्पीय तरीकों की आवश्यकता है। अंडे की खोकलों की सतही कीटाणुरहित करने के लिए कई गैर–थर्मल दृष्टिकोण, जैसे कि पल्स्ड लाइट टेक्नोलॉजी, ओजोनए न्ट विकिरण, हल्की अम्लीय के लिए विधियाँ शामिल हैं। ये प्रयास सामान्य तकनीकों की असफलता के विस्तार में हैं, जो अंडों की सतह को सुगमता से साफ करने में असफल होते हैं। शैलीश बैरियर डिस्चार्ज (आरबीडी) प्लाज्मा की प्रभावकारिता अंडे की खोकलों की सतह के कीटाणुरहित करने के लिए। एक 60–90 मिनट के उपचार के बाद 35% सापेक्षिक आर्द्रता पर कीटाणुरहित करने अंतरिक्ष में सैल्मोनेला एंटरिटिडिस स्तर में 2.2–2.5 लॉग CFU/ अंड खोकल में अधिकतम कमी। इसके अतिरिक्त, उच्च सापेक्षिक आर्द्रता स्तर पर 65%, जहां 90 मिनट के प्रदर्शन के बाद अधिकतम 3-8 और 4-5 लॉग CFU/ अंड खोकल के बाद हासिल की गई थी।

पैकिंग सामग्री का कीटाणुशोधन:

कोल्ड प्लाज्मा तकनीक का उपयोग खाद्य पैकिंग सामग्री के कीटाणुशोधन के लिए भी किया जाता है। यह पैकिंग सामग्री की स्वच्छता और गुणवत्ता में सुधार करता है। प्लास्टिक और कागज की पैकिंग सामग्री पर कोल्ड प्लाज्मा के प्रयोग से 99.9% सूक्ष्मजीवों को नष्ट किया जा सकता है। रिएक्टिव ऑक्सीजन और नाइट्रोजन प्रजातियाँ सूक्ष्मजीवों के सेल मेम्ब्रेन, डीएनए, और प्रोटीन को नष्ट कर देती हैं। इससे बैक्टीरिया, वायरस, और फफूंद जैसी सूक्ष्मजीवों का नाश होता है। प्लाज्मा में मौजूद रिएक्टिव प्रजातियाँ प्रोटीन और लिपिड को ऑक्सीडाइज करती हैं, जिससे सूक्ष्मजीव निष्क्रिय हो जाते हैं। प्लाज्मा द्वारा उत्पन्न यूवी विकिरण डीएनए और आरएनए को नुकसान पहुँचाता है, जिससे सूक्ष्मजीव प्रजनन करने में असमर्थ हो जाते हैं। यह तकनीक विशेष रूप से खाद्य पैकेजिंग उद्योग में उपयोगी है जहां स्वच्छता और स्वास्थ्य सुरक्षा आवश्यक होती है।

एंजाइम गतिविधि का नियंत्रण:

कोल्ड प्लाज्मा का उपयोग खाद्य पदार्थों में मौजूद एंजाइम गतिविधियों को नियंत्रित करने के लिए भी किया जा सकता है, जिससे उनके स्वाद, रंग और बनावट में सुधार होता है। फलों और सब्जियों में एंजाइम गतिविधि को 60% तक कम करके उनकी रंग और स्वाद को बरकरार रखा जा सकता है। कोल्ड प्लाज्मा एंजाइम प्रोटीन को डिनैचुर कर सकता है, जिससे उनकी

संरचना बदल जाती है और वे अपनी जैविक गतिविधि खो देते हैं। रेडिकल्स और अन्य प्रतिक्रियाशील कण प्रोटीन के बंधों को तोड़ सकते हैं, जिससे एंजाइम की सक्रियता कम हो जाती है। प्लाज्मा में उपस्थित प्रतिक्रियाशील ऑक्सीजन और नाइट्रोजन प्रजातियाँ (Reactive Oxygen Species and Reactive Nitrogen Species) एंजाइमों के ऑक्सीडेशन का कारण बनती हैं, जिससे उनकी गतिविधि में कमी आती है। ये प्रजातियाँ एंजाइम के सक्रिय स्थल पर असर डालती हैं, जिससे उनकी कार्यक्षमता बाधित होती है। कोल्ड प्लाज्मा स्प्रेयर्स का उपयोग कर खाद्य पदार्थों की सतह पर प्लाज्मा लागू किया जाता है। यह प्रक्रिया एंजाइम की सतह पर कणों के संपर्क को बढ़ाती है, जिससे एंजाइम गतिविधि प्रभावी रूप से कम हो जाती है। अनाज और बीजों में अंकुरण की प्रक्रिया को नियंत्रित करने में यह तकनीक सहायक है।

कोल्ड प्लाज्मा के फायदः

कोल्ड प्लाज्मा का उपयोग रसायनों के बिना किया जा सकता है, जिससे खाद्य पदार्थ में कोई हानिकारक अवशेष नहीं रहते। कोल्ड प्लाज्मा का उपयोग उन उत्पादों की डीकंटैमिनेशन के लिए किया जा सकता है जहां सूक्ष्मजीव बाहरी रूप से स्थित होते हैं। प्रकाश (जैसे पराबैंगनी प्रकाश डीकंटैमिनेशन) के विपरीत, प्लाज्मा वस्तुओं के चारों ओर प्रवाहित होता है, जिसका अर्थ है कि श्शैडो इफेक्ट्सश नहीं होते और उत्पाद के सभी हिस्से का उपचार होता है। कटी हुई सब्जियों और ताजे मांस जैसे उत्पादों के लिए, वर्तमान में कोई माइल्ड सरफेस डीकंटैमिनेशन तकनीक उपलब्ध नहीं हैय कोल्ड प्लाज्मा इस उद्देश्य के लिए उपयोग किया जा सकता है। कोल्ड प्लाज्मा का उपयोग पैकेजिंग से पहले सतहों को कीटाणुरहित करने के लिए या पैकेजिंग प्रक्रिया के हिस्से के रूप में भी किया जा सकता है।

यह तकनीक तापमान बढ़ाए बिना काम करती है, जिससे खाद्य पदार्थ की गुणवत्ता बनी रहती है। विद्युत डिस्चार्ज द्वारा उत्पन्न प्लाज्मा, जैसे कि फ्लोरेसेंट लाइटिंग ट्यूबों में उपयोग किए जाते हैं, बिजली से प्लाज्मा में 80% रूपांतरण दर के साथ बहुत प्रभावी होते हैं। ऊर्जा की खपत मौजूदा यूवी–सी सिस्टम के समान होगी और खाद्य पदार्थों का उपचार अत्यधिक लागत प्रभावी होगाय प्लाज्मा तकनीकों की इलेक्ट्रॉनिक्स और आयु यूवी–सी सिस्टम के समान ही हैं, भले ही एक वाहक गैस की अतिरिक्त आवश्यकता हो। सूखी गैर–रासायनिक आधारित स्टेरलाइजेशन का मतलब रासायनिक अपशिष्ट और अपशिष्ट जल में कमी है, जो पर्यावरणीय और आर्थिक रूप से लाभकारी है।

सीमाएंः

उपकरण की लागतः कोल्ड प्लाज्मा जनरेटर्स महंगे होते हैं।

विस्तृत अध्ययन की आवश्यकताः विभिन्न खाद्य पदार्थों पर इसके प्रभाव और दीर्घकालिक सुरक्षा पर अधिक अध्ययन की आवश्यकता है।

इस प्रकार, कोल्ड प्लाज्मा खाद्य संरक्षण, वायरस और बैक्टीरिया का उन्मूलन, कीटनाशक अवशेष हटाने, और पैकिंग सामग्री का कीटाणुशोधन जैसे विभिन्न अनुप्रयोगों में उपयोगी है। यह एक पर्यावरण अनुकूल प्रक्रिया है जो खाद्य प्रसंस्करण उद्योग में नवाचार और विविधता ला रही है। इसका उपयोग खाद्य सुरक्षा, गुणवत्ता, और शेल्फ लाइफ को बढ़ाने के लिए किया जा रहा है हम सभी के लिए जो स्वस्थ्यकर और आर्थिक रूप से लाभकारी है।