

अंतर को पाटना: खाद्य प्रसंस्करण में सतत् स्वचालन और ऊर्जा दक्षता



मृत्युंजय पड़ियारी

सहायक प्रोफेसर, असम विश्वविद्यालय, सिलचर
Email: mrutyu@gmail.com

वैश्विक खाद्य उद्योग एक महत्वपूर्ण बिंदु पर खड़ा है जहाँ प्रौद्योगिकी और बदलती प्राथमिकताएँ इसके परिदृश्य को नया आकार दे रही हैं। सुविधाओं पर ध्यान केंद्रित करते हुए, प्रसंस्कृत भोजन की मांग पर्यावरण और संसाधनों की कमी के बारे में चिंता बढ़ा रही है। इस पृष्ठभूमि के बीच, खाद्य प्रसंस्करण स्वचालन और ऊर्जा दक्षता का संलयन एक शक्तिशाली समाधान के रूप में उभरता है, जो चुनौतियों का समाधान करने और अर्द्धक टिकाऊ भविष्य का मार्गदर्शन करने के लिए तैयार है। इंटरनेशनल फेडरेशन ऑफ रोबोटिक्स (आईएफआर) की रिपोर्ट के अनुसार खाद्य और पेय पदार्थ उद्योग स्वचालन में उपयोग किए जाने वाले रोबोटिक्स में लगभग 25 प्रतिशत की वृद्धि हुई है। पारंपरिक खाद्य

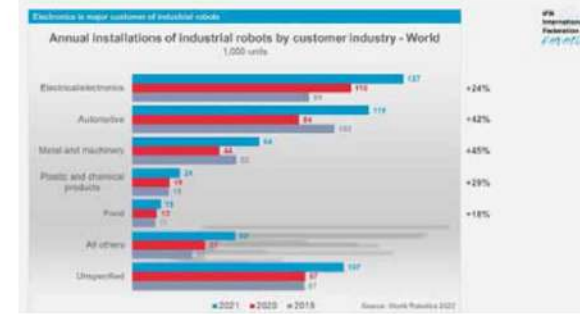
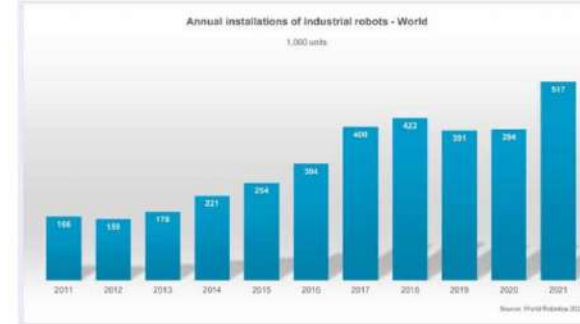
प्रसंस्करण के संसाधन-गहन पद्धतियों प्राकृतिक संसाधनों पर निर्भर करते हैं। आधुनिक उपभोक्ता गुणवत्तायुक्त और सुविधाजनक खाद्य उत्पाद के साथ-साथ पर्यावरण के प्रति अपने उत्तरदायित्व को समझता है। यह एक बड़े बदलाव की ओर संकेत करता है।

इन परिवर्तनों के बीच, खाद्य प्रसंस्करण उद्योग में एक परिवर्तनकारी स्थिति उभर रही है। खाद्य प्रसंस्करण में स्वचालन और ऊर्जा-कुशल विधियों का एकीकरण प्रति का प्रतीक है। आई-ओ-टी, मशीन लर्निंग और रोबोटिक्स का नियोजन एक विकासवादी दिशा सुनिश्चित करता है। यह न केवल दक्षता को नया आकार देता है बल्कि ऊर्जा अनुकूलन को भी पुनः परिभाषित करता है। स्वचालन,

सटीक नियंत्रण और वास्तविक समय निरीक्षण द्वारा गहन ऊर्जा प्रक्रियाओं को परिष्कृत करता है। इस संश्लेषण का लचीलापन और नवीनता संसाधनों का संरक्षण और हानियों पर नियंत्रण करता है। तकनीकी कौशल से अतिरिक्त, यह वर्तमान मॉडों को भविष्य की आवश्यकताओं के अनुरूप सुसंगत बनाता है। यह संलयन पर्यावरण जागरूकता और वैश्विक स्थिरता के प्रति प्रतिबद्धता से प्रेरित खाद्य उद्योग का प्रतीक है। यह एक ऐसा मोड़ है जहाँ एक स्थायी भविष्य की ओर वास्तविक यात्रा आरम्भ होती है।

खाद्य प्रसंस्करण स्वचालन का उदय

स्वचालन ने विभिन्न उद्योगों में परिवर्तनकारी परिवर्तन लाए हैं, और खाद्य प्रसंस्करण का



चित्र 1: वैश्विक रोबोटिक स्थापना और खाद्य प्रसंस्करण सहित विभिन्न क्षेत्रों में इनका उपयोग (विश्व रोबोटिक्स रिपोर्ट 2022)

परिदृश्य समन बदलाव का अपवाद नहीं है। खाद्य उद्योग में इंटरनेट ऑफ थिंग्स (आईओटी), मशीन लर्निंग और रोबोटिक्स जैसे आधुनिक उपकरणों का एकीकरण, एक परिचालन सिफ्टी बनाता है जो पारंपरिक बाधाओं को तोड़ता है। अंतिम परिणाम एक ऐसा वातावरण है जहाँ प्रक्रियाओं को परिश्रमपूर्वक सुव्यवस्थित किया जाता है और मानवीय हस्तक्षेप को बुद्धि मानी से कम किया जाता है ताकि उत्पाद की गुणवत्ता में स्थिरता प्राप्त की जा सके। विश्व रोबोटिक्स रिपोर्ट के अनुसार वैश्विक रोबोटिक इंस्टॉलेशन में वृद्धि और खाद्य प्रसंस्करण स्वचालन की भागीदारी ऊर्जा कुशल एरोमेटिक्स प्रक्रियाओं का उपयोग खाद्य प्रसंस्करण क्षेत्र के लिए महत्वपूर्ण होता जा रहा है।

स्वचालित प्रणालियाँ खाद्य प्रसंस्करण क्षेत्र को

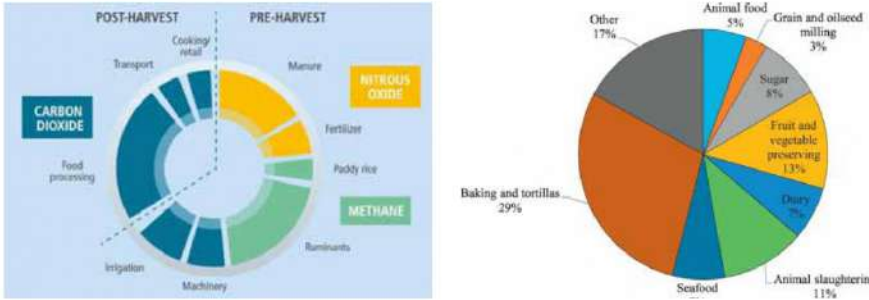
बदल रही हैं क्योंकि वे उत्पादन को बढ़ावा देती हैं, मानवीय त्रुटियों को कम करती हैं और वाहन संदूषण से बचाती हैं। इस प्रक्रिया से ऊर्जा दक्षता और स्वचालन, विशेष रूप से उष्मीकरण, शीतलन, प्रशीतन आदि ऊर्जा-गहन चरणों के बीच एक सामंजस्य स्थापित करता है। स्वचालन इन प्रक्रियाओं को सटीक नियंत्रण देकर ऊर्जा की बर्बादी को कम करता है और अधिक सावधानीपूर्वक संसाधनों का आवंटन करता है। इस प्रक्रिया के लिए स्मार्ट सेंसर आवश्यक हैं क्योंकि वे वास्तविक समय में तापमान और आर्द्रता का निरीक्षण करता रहता है, त्वरित समायोजन और ऊर्जा संरक्षण प्रदान करता है। अधिक सुरक्षित पाक वातावरण और प्रभावी खाद्य उत्पादन प्रक्रिया के लिए, खाद्य प्रसंस्करण में सटीकता आवश्यक है। स्मार्ट सेंसर इस बदलाव में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते

हैं क्योंकि वे वास्तविक समय के अनुसार तत्काल परिवर्तन करने तथा ऊर्जा व्यय को कम करने में सक्षम हैं।

ऊर्जा दक्षता के लिए स्वचालन

विभिन्न उद्योगों में ऊर्जा दक्षता के अभियान ने स्वचालन में सुधार और संसाधनों के संरक्षण के लिए स्वचालन प्रौद्योगिकियों को सम्मिलित करने के लिए प्रेरित किया है। ऊर्जा की हानि को कम करने और ऊर्जा दक्षता के क्षेत्र में स्थिरता को आगे बढ़ाने के लिए कई विधियों और प्रक्रियाओं का कुशलतापूर्वक उपयोग किया जा रहा है। इस खोज में, ताप पुनर्प्राप्ति एक महत्वपूर्ण रणनीति के रूप में उभरी है। हीट एक्सचेंजर्स भाप, निकास गैसों या गर्म पानी जैसी गर्म धाराओं से गर्मी प्राप्त करके उसको पुनः उपयोग में लेते हैं। आने वाले कच्चे माल या पानी का तापमान बढ़ाने में प्रयुक्त होने वाली ऊर्जा आवश्यकता को, पुनर्प्राप्त ऊष्मा से सामग्री या पानी को गर्म करके, कम किया जा सकता है। इसके अतिरिक्त, उपकरण, पाइप और बर्तनों से ऊष्मा हानि को रोकने के लिए उचित तापावरोधक की सहायता से ऊर्जा को बनाये रखा जाता है। इन मूलभूत प्रक्रियाओं के अतिरिक्त भोक्कूल को नियमित करके यन्त्रों को आराम और विराम करने के चरणों में ऊर्जा के उपयोग को कम किया जाता है। यन्त्रों के निष्क्रिय समय को कम करने के लिए बैच प्रोसेसिंग की अपेक्षा निरन्तर प्रसंस्करण महत्वपूर्ण और लाभप्रद हो सकता है। मोटर, पंप और कंप्रेसर जैसे उच्च दक्षता वाले उपकरणों में निवेश से भी ऊर्जा दक्षता बढ़ती है। परिवर्तनीय आवृत्ति ड्राइव (वीएफडी) का उपयोग वास्तविक समय में प्रसंस्करण आवश्यकताओं के आधार पर मोटर और पंप गति को नियंत्रित करके दक्षता में और सुधार करता है।

क्रायोजेनिक फ्रीजिंग और ऊर्जा-कुशल सुखाने की नवीन तकनीकें खाद्य प्रसंस्करण में ऊर्जा बचाने को नयी दिशा प्रदान करती हैं। फ्रीज ड्राइंग, वैक्यूम ड्राइंग और अत्यधिक गर्म भाप द्वारा सुखाने की विधियों की सहायता से समय



चित्र 2: खाद्य प्रसंस्करण के विभिन्न क्षेत्रों में ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन और किलो की खपत का योगदान (खाद्य और वि. संचालन (एफएचओ) रिपोर्ट)

की बचत होती है। उपकरण के भीतर दबाव प्रबंधन का अनुकूलन, उत्पाद की गुणवत्ता से समझौता किए बिना ऊर्जा खपत को कम कर सकता है। अपने स्थान पर ही सफाई की कुशल प्रणालियाँ, पानी और सफाई जेटों का अधिक विवेकपूर्ण ढंग से उपयोग करती हैं, जिससे पानी गर्म करने में उपयोग होने वाली ऊर्जा तथा पानी के अत्यधिक उपयोग कम किया जाता है। सतत ऊर्जा प्रथाओं में प्रसंस्करण सुविधाओं में ऊर्जा-कुशल एलईडी प्रकाश व्यवस्था भी सम्मिलित है, जिससे बिजली की खपत कम होती है। ये तकनीकें अधिक टिकाऊ और कुशल खाद्य प्रसंस्करण उद्योग में योगदान करती हैं। नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत इस प्रथा में गैस-चेजर के रूप में उभरे हैं। सौर पैनलों, पवन टर्बाइनों या बायोमास जनरेटर्स की एकीकृत सुविधाएं ऑनसाइट स्वच्छ ऊर्जा उत्पन्न कर सकती हैं, तथा गैस-नवीकरण गैस ऊर्जा स्रोतों पर निर्भरता को कम कर सकती हैं और स्थिरता लक्ष्यों को प्राप्त कर सकती हैं। प्रसंस्करण की सीमाओं से परे उन्नत तापमान नियंत्रण प्रणालियों के माध्यम से अपशिष्ट ताप पुनर्प्राप्ति और अनुकूलन एक समग्र दृष्टिकोण को रेखांकित करता है। उन्नत तापमान नियंत्रण प्रणालियाँ और अपशिष्ट ताप पुनर्प्राप्ति भी महत्वपूर्ण हैं। प्रक्रिया एकीकरण के विभिन्न चरण ऊर्जा की हानि को कम करके कुशल ताप हस्तांतरण करता है। लीन विनिर्माण सिद्धांत और स्वचालन, अक्षमताओं को समाप्त करके प्रक्रियाओं को सुव्यवस्थित

करता है जिससे ऊर्जा हानि में कमी तथा ऊर्जा दक्षता में वृद्धि होती है। इसके अलावा, वास्तविक समय की निरीक्षण और नियंत्रण प्रणालियाँ ऊर्जा दक्षता के लिए महत्वपूर्ण हैं, जो प्रचालकों को ऊर्जा खपत पर तत्काल डेटा प्रदान करती हैं। कर्मचारी ऊर्जा क्षेत्रों को प्रकाशित करते हैं। स्वचालन अपशिष्ट में कमी, खाद्य अपशिष्ट के पुनर्चक्रण और पैकेजिंग सामग्री को कुशलतापूर्वक पृथक करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। उत्पादन लक्ष्यों की स्वयंचालित निरीक्षण उत्पाद के दोषों और उत्पादन हानियों को कम करता है। जल प्रबंधन, सटीक कृषि और स्मार्ट पैकेजिंग में स्वचालन महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। इसके माध्यम से पानी के उपयोग, फसल के विकास और शेल्फ जीवन में वृद्धि प्राप्त कर सकता है। सहयोगी रोबोट ऊर्जा संरक्षण करते हुए दक्षता और सुरक्षा बढ़ाते हैं। आपूर्ति श्रृंखला का स्वचालन अपशिष्ट और अक्षमताओं को कम करता है। इंटरनेट ऑफ थिंग्स (आईओ. टी.) द्वारा संचालित डेटा एनालिटिक्स संसाधन उपयोग, प्रक्रिया अक्षमताओं और रखरखाव आवश्यकताओं में के विशेष में अंतरदृष्टि प्रदान करता है। स्वचालन और ऊर्जा दक्षता रणनीतियों के एकीकरण से अधिक टिकाऊ औद्योगिक परिदृश्य बनाता है। प्रक्रियाओं को अनुकूलन, उन्नत उपकरणों में निवेश करके और उन्नत प्रौद्योगिकियों का लाभ उठाकर,

उद्योग ऊर्जा संरक्षण और पर्यावरण कल्याण में अपना योगदान दे सकते हैं।

स्वचालन और ऊर्जा दक्षता के बीच तात्कालिक

खाद्य प्रसंस्करण स्वचालन और ऊर्जा दक्षता का अंतर्संबंध एक साथ कई लक्ष्यों को प्राप्त करने का एक अनूठा अवसर प्रस्तुत करता है। स्वचालन प्रौद्योगिकियों का लाभ उठाकर, खाद्य निर्माता विभिन्न प्रसंस्करण चरणों पर विस्तृत नियंत्रण प्राप्त कर सकते हैं, जिससे ऊर्जा हानि को कम कर सकते हैं। उदाहरण के लिए, स्वचालित सिस्टम वास्तविक समय डेटा इनपुट के आधार पर प्रसंस्करण मापदंडों को समायोजित तथा उत्पाद की गुणवत्ता से समझौता किए बिना ऊर्जा खपत को अनुकूलित कर सकते हैं। इसी तरह, रोबोटिक प्रणालियाँ सामग्रियों को सटीकता से संभाल कर उनके रिसाव और ऊर्जा-गहन सफाई प्रक्रियाओं की आवश्यकता को कम कर सकती हैं। इस तालमेल में मशीन लर्निंग एल्गोरिदम भी आवश्यक हैं। ये एल्गोरिदम उन सहसंबंधों और पैटर्न को खोजने के लिए भारी मात्रा में डेटा की जाँच कर सकते हैं, जिनमें मानवीय चूक संभव है। ऊर्जा खपत पर डेटा के लिए मशीन लर्निंग को लागू करके निर्माता विशेष ऊर्जा-बचत रणनीति बनाने हेतु अंतर्दृष्टि पा सकते हैं। उदाहरण के लिए, पूर्वानुमानित विश्लेषण, दिन के ऊर्जा-गहन समय की पहचान कर सकता है और खपत स्प्रेड्स को कम करने की दिशा में सक्रिय उपायों को अपना सकता है।

ऊर्जा दक्षता की अभिव्यक्ति

जलवायु परिवर्तन और सीमित संसाधनों की स्थिति में ऊर्जा दक्षता विशेष रूप से खाद्य प्रसंस्करण के औद्योगिकरण क्षेत्र में एक महत्वपूर्ण विषय है। संयुक्त राष्ट्र का अनुमान है कि खाद्य उद्योग वैश्विक ऊर्जा खपत का लगभग 30 प्रतिशत और कुल ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन का 22 प्रतिशत हिस्सा है, अतः खाद्य प्रसंस्करण कार्यों में ऊर्जा उपयोग का अनुकूलन न केवल वित्तीय अपितु एक नीतिपरक और पर्यावरणीय आवश्यकता भी है। विभिन्न अध्ययनों से यह भी पता चला है कि खाद्य प्रसंस्करण उद्योगों में बेकिंग सबसे अधिक बिजली खपत करने वाले कार्यों में से है।

संतुलन बनाना: स्थिरता और लाभप्रदता

खाद्य प्रसंस्करण में टिकाऊ स्वचालन और ऊर्जा-कुशल प्रथाओं का एकीकरण पर्यावरण गैर उतरदायित्व और लाभप्रदता के बीच एक विश्व संतुलन को रेखांकित करता है। भले ही ऊर्जा-बचत और स्वचालन के परिणामस्वरूप दीर्घकालिक बचत सम्भव है, किन्तु अल्पकालिक व्यापार में वित्तीय सामंजस्य में कठिनाई आ सकती है। निर्माताओं के लिए निवेश पर संभावित रिटर्न का ऑकलन और बुद्धिमानपूर्ण निर्णय लेने हेतु लागत-लाभ का गहन विश्लेषण करना महत्वपूर्ण है। इसके अलावा, उपभोक्ता की धारणा और माँग भी इस पहल के विकास को प्रभावित करती हैं जैसे-जैसे उपभोक्ता पर्यावरण के प्रति अधिक जागरूक होते हैं, वे ऐसे उत्पादों और ब्रांडों को पसंद करने लगते हैं जो पर्यावरणीय स्थिरता को प्राथमिकता देते हैं। उपभोक्ता व्यवहार में यह बदलाव उन निर्माताओं के लिए बाजार के अवसर पैदा कर सकता है जो ऊर्जा-कुशल प्रथाओं को अपनाते हैं और पर्यावरणीय प्रभाव

को कम करने के लिए अपने प्रयासों को पारदर्शी रूप से संप्रेषित करते हैं।

वृत्तियों और विचार

हालांकि स्वचालन के संभावित लाभ स्पष्ट हैं, खाद्य प्रसंस्करण में स्थायी स्वचालन और ऊर्जा-कुशल प्रथाओं का एकीकरण चुनौतियों से रहित नहीं है। इन प्रौद्योगिकियों को लागू करने के लिए आवश्यक प्रारंभिक निवेश मुख्य चिंता का विषय है। ऑटोमेशन सिस्टम को अपनाना और मशीनरी को अपग्रेड करना महंगा हो सकता है, खासकर सीमित फंडिंग वाले छोटे निर्माताओं के लिए। लेकिन इन निवेशों को दीर्घकालिक योजनाओं के रूप में सोचना महत्वपूर्ण है जो बेहतर उत्पादकता, अपशिष्ट में कमी और उत्पाद की गुणवत्ता के माध्यम से महत्वपूर्ण रिटर्न प्राप्त कर सकते हैं। उन्नत तकनीकों की तकनीकी व्यवहार्यता भी आवश्यक है, जटिल खाद्य प्रसंस्करण वर्कफ्लो में स्वचालन आरम्भ करने के लिए सावधानीपूर्वक योजना और अनुकूलन की आवश्यकता होती है। सभी प्रक्रियाओं को आसानी से स्वचालित नहीं किया जा सकता है, और यह सुनिश्चित करना सर्वोपरि है कि स्वचालित सिस्टम कठोर निवेश पर संभावित रिटर्न का ऑकलन और बुद्धिमानपूर्ण निर्णय लेने हेतु लागत-लाभ का गहन विश्लेषण करना महत्वपूर्ण है। इसके अलावा, उपभोक्ता की धारणा और माँग भी इस पहल के विकास को प्रभावित करती हैं जैसे-जैसे उपभोक्ता पर्यावरण के प्रति अधिक जागरूक होते हैं, वे ऐसे उत्पादों और ब्रांडों को पसंद करने लगते हैं जो पर्यावरणीय स्थिरता को प्राथमिकता देते हैं। उपभोक्ता व्यवहार में यह बदलाव उन निर्माताओं के लिए बाजार के अवसर पैदा कर सकता है जो ऊर्जा-कुशल प्रथाओं को अपनाते हैं और पर्यावरणीय प्रभाव

अपशिष्ट को कम करते हुए अपनी प्रक्रियाओं को अनुकूलित कर सकते हैं। यह अभिसरण बदलते उपभोक्ता परिदृश्य में व्यवसायों को दीर्घकालिक सफलता के लिए स्थापित तथा वैश्विक स्थिरता लक्ष्यों के साथ समन्वय करता है। यह आवश्यक है कि हितधारक एक साथ काम करें, नवप्रवर्तन करें और ऐसे समाधानों में निवेश करें जो दक्षता, स्थिरता और लाभप्रदता के बीच अंतर को कम करें क्योंकि उद्योग में बदलाव आवश्यक है। इंस्टेंट कॉफी, मिल्क पाउडर, फ्रेंच फ्राइज, क्रिस्पर और ब्रेड सबसे अधिक ऊर्जा-गहन खाद्य उत्पादों में से हैं, जिनमें थर्मल प्रक्रियाओं में कुल प्रसंस्करण ऊर्जा का बड़ा हिस्सा खपत होता है। खाद्य प्रसंस्करण सुविधाओं में ऊर्जा और पानी की खपत मैथ्रिक ब्लाइव सिस्टम और प्रशीतन उद्योग में सबसे अधिक बिजली की खपत करते हैं। यह सुझाव दिया गया है कि पारंपरिक ऊर्जा-गहन खाद्य प्रक्रियाओं को नवीन थर्मोडायनामिक चक्र, ऊष्मारहित और नवीन हीटिंग प्रक्रियाओं जैसे प्रौद्योगिकियों को अपनाने से ऊर्जा की खपत को कम करने की संभावना बढ़ती है। कुल मिलाकर, खाद्य प्रसंस्करण कंपनियाँ ऊर्जा की खपत को कम कर सकती हैं तथा ऊर्जा प्रबंधन योजनाओं को लागू करने, अपशिष्ट ताप को नियंत्रित करने, अपशिष्ट जल के पुनः उपयोग व उभरती प्रौद्योगिकियों के उपयोग पर बल देने की आवश्यकता है।

निष्कर्ष

खाद्य प्रसंस्करण में स्थायी स्वचालन और ऊर्जा दक्षता की ओर यात्रा एक चुनौतीपूर्ण किन्तु आशाजनक मार्ग है। खाद्य निर्माता स्वचालन अवसर पैदा कर सकता है जो ऊर्जा-कुशल प्रथाओं को अपनाते हैं और पर्यावरणीय प्रभाव



संदर्भ:

1. Kirby RM, J Bartram, R Carr. 2003. Water in food production and processing: quantity and quality concerns. Food Control, 14(5): p. 283-299.
2. Ladha-Sabur A, et al., 2019. Mapping energy consumption in food manufacturing. Trend Food Sci Technol, 86, p. 270-280.
3. Wang L. 2014. Energy efficiency technologies for sustainable food processing. Ener Efficiency, 7(5): p. 791-810.
4. Klemesš J, S Perry. 2008. Methods to minimise energy use in food processing, in Handbook of water and energy management in food processing. Elsevier. p. 136-199.