

खाद्य प्रसंस्करण क्षेत्र में चक्रीय अर्थव्यवस्था



राकेश मोहन शुक्ला*¹ मदिया मंजूर² राजेश कुमार श्रीवास्तव³

¹सहायक प्रोफेसर, पीएफई विभाग, कृषि अभियांत्रिकी और प्रौद्योगिकी महाविद्यालय (सीओएईएंडटी), सकेयूएसटी-के, शालीमार परिसर, श्रीनगर, 190025

²एम. टेक. (पीएफई) विद्वान, सीओएईएंडटी, एसकेयूएसटी-के, शालीमार परिसर, श्रीनगर, 190025

³प्रोफेसर और प्रमुख, एसडब्ल्यूई विभाग, कृषि इंजीनियरिंग संकाय एसकेयू, सटी-जे, चथा, जम्मू, 180009

परिचय

सरकारी अर्थव्यवस्था उत्पादन और उपभोग के लिए एक परिवर्तनकारी दृष्टिकोण का प्रतिनिधित्व करती है, जो कचरे को कम करके और सामग्री, उत्पादों और उप-उत्पादों के पुनः उपयोग को बढ़ावा देकर कुशल संसाधन उपयोग पर केंद्रित है। पारंपरिक रैखिक "ले-बनाएँ-अपशिष्ट (टेक-मेक-वेस्ट)" मॉडल के विपरीत, यह एक बंद-लूप प्रणाली का अनुसरण करता है, जहाँ अन्य सतहों के लिए एक टेम्पलेट बन जाता है, जो प्राकृतिक सतहों की नकल करता है। तीन सिद्धांतों के आधार पर - अपशिष्ट और पर्यावरण को समाप्त करना, उत्पादों और संरक्षणों को प्रसारित करना, और प्रकृति को पुनर्जीवित करना - सार्वजनिक अर्थव्यवस्था अवधारणा संसाधन दक्षता, पुनर्चक्रण और उत्पाद जीवनचक्र के मध्य

संरक्षण के पुनर्जनन को बढ़ाना, रचनात्मक प्रभावों को कम करना और खाद्य और पेय क्षेत्र सहित पोषण में स्थिरता को बढ़ावा देने का अवसर प्रस्तुत करती है।

सर्कुलर इकोनॉमी (सी.इ.)

सर्कुलर इकोनॉमी में, सर्कुलर उत्पाद-अपशिष्ट-उत्पाद बंद होता है। उद्योगों को एक प्राकृतिक पारिस्थितिकी तंत्र की तरह संचालित करने का आशय होता है, जिसमें एक व्यवसाय से निकलने वाला अपशिष्ट दूसरे के लिए कच्चे संसाधन के रूप में काम करता है। यह परिसंचरण को प्रोत्साहित करता है, जहाँ से "सर्कुलर" शब्द आता है। इसके मूल में, सर्कुलर इकोनॉमी एक पुनर्जीवी प्रणाली है जिसमें संसाधनों को यथासंभव लंबे समय तक उपयोग में रखा जाता है, उनके जीवन चक्र के अंत में सामग्रियों को पुनर्प्राप्त करने और पुनर्जीवित करने

से पहले उनसे अधिकतम मूल्य निकाला जाता है।

सर्कुलर इकोनॉमी तीन मूलभूत सिद्धांतों पर आधारित है:

1. **कम करें:** बुद्धिमान डिजाइन के माध्यम से अपशिष्ट और प्रदूषण को समाप्त करें।
2. **पुनः उपयोग करें:** उत्पादों और सामग्रियों को उनके उपयोग को अधिकतम करके उपयोग में रखें।
3. **रीसायकल:** गैर-नवीकरणीय संसाधनों से बचकर प्राकृतिक प्रणालियों को पुनर्जीवित करें।

ये सिद्धांत अभिनव उत्पादन, वितरण और उपभोग मॉडल के माध्यम से संसाधन निष्कर्षण और निपटान से आर्थिक विकास को अलग करने की ओर इंगित करते हैं।

इस समग्र दृष्टिकोण में विभिन्न रणनीतियाँ

सम्मिलित हैं, परिपत्र अर्थव्यवस्था कार्यान्वयन के लिए कुछ प्रमुख रणनीतियाँ निम्नलिखित हैं:

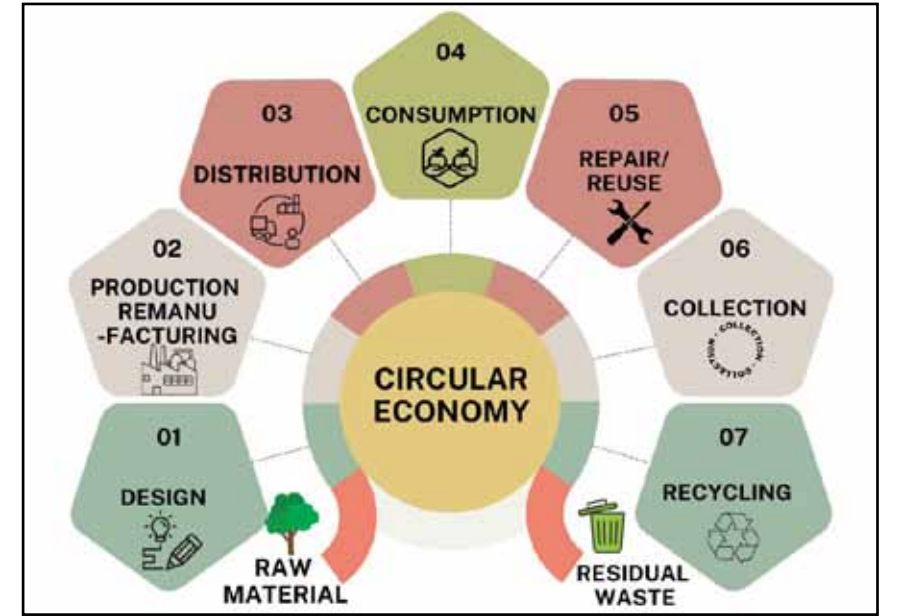
1. **उत्पादन प्रणालियों में संशोधन:** इसमें स्वच्छ उत्पादन तकनीकों को अपनाना, ऊर्जा और संसाधन दक्षता में वृद्धि करना और नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों की ओर संक्रमण करना सम्मिलित हो सकता है। इसमें कम अपशिष्ट उत्पन्न करने, आसान पृथक्करण और पुनर्चक्रण को सक्षम करने और उप-उत्पादों और अपशिष्ट धाराओं के पुनः उपयोग की सुविधा के लिए उत्पादन प्रक्रियाओं को फिर से डिजाइन करना सम्मिलित हो सकता है।

2. **प्रक्रिया अनुकूलन और अपशिष्ट न्यूनीकरण:** इसमें लीन मैनुफैक्चरिंग, दक्षता ऑडिट और औद्योगिक पारिस्थितिकी दृष्टिकोण जैसी तकनीकें सम्मिलित हो सकती हैं जो अक्षमता के स्रोतों की पहचान करती हैं और उन्हें समाप्त करती हैं।

3- उद्योग 4-0 तकनीकों का लाभ उठाना: वास्तविक समय की निगरानी, अनुकूलन और उत्पादन के बुद्धिमान नियंत्रण के लिए IoT, बिग डेटा एनालिटिक्स, ए-आई- और साइबर-भौतिक प्रणालियों जैसी डिजिटल तकनीकों का लाभ उठाना। आपूर्ति श्रृंखला ट्रेसबिलिटी और पारदर्शिता बढ़ाएँ। मशीन लर्निंग अक्षमताओं की पहचान कर सकती है, रखरखाव की आवश्यकताओं का अनुमान लगा सकती है और प्रक्रिया में सुधार का सुझाव दे सकती है।

4. **औद्योगिक सहजीवन को बढ़ावा दें:** उप-उत्पादों और अपशिष्ट धाराओं के लिए उत्पादक उपयोग खोजने के लिए सहयोगी प्लेटफॉर्म और साझेदारी विकसित करें। संसाधनों को साझा करें, रसद को अनुकूलित करें, और सामग्री/ऊर्जा, या सेवाओं का आदान-प्रदान करें।

5. **उप-उत्पाद मूल्य निर्धारण:** उत्पादन श्रृंखलाओं के भीतर/पार अवशेषों के पुनः उपयोग के लिए लूप स्थापित करें। कच्चे माल या ऊर्जा के लिए मूल्यवान यौगिक निकालें। कम मूल्य के अवशेषों के लिए अवायवीय पाचन जैसी तकनीकों को नियोजित करें।



चित्र 1: चक्रीय अर्थव्यवस्था का मूल सिद्धांत

6. **संधारणीय इनपुट का उपयोग करें:** उच्च-प्रभाव वाले इनपुट को नवीकरणीय, पुनर्चक्रणीय और बायोडिग्रेडेबल विकल्पों से बदलें। संधारणीय सोर्सिंग प्रथाओं को अपनाएँ।

7. **परिपत्रता के लिए डिजाइन:** सावधानीपूर्वक सामग्री/धटक चयन के माध्यम से आरम्भ से ही विघटन, पुनर्चक्रण और परिपत्रता के लिए उत्पाद, पैकेजिंग और उपकरण डिजाइन करें।

8. **उत्पाद जीवन का विस्तार करें:** रखरखाव, मरम्मत, नवीनीकरण और पुनः निर्माण के माध्यम से उपयोगी जीवनकाल को अधिकतम करें। संसाधन उपयोग को अनुकूलित करने के लिए साझाकरण प्लेटफॉर्म का उपयोग करें।

9. **व्यवसाय मॉडल को बदलें:** उत्पाद-सेवा प्रणाली विकसित करें, रिटर्न/पुनः उपयोग को प्रोत्साहित करें, क्रॉस-सेक्टर सहयोग को बढ़ावा दें। रिवर्स लॉजिस्टिक्स और क्लोज्ड-लूप फ्लो के लिए आपूर्ति श्रृंखलाओं को एकीकृत करें।

पूर्ण चक्रीयता प्राप्त करना एक सतत प्रक्रिया है जिसके लिए निरंतर नवाचार, प्रणाली-स्तरीय सोच, अंतर-क्षेत्रीय साझेदारी और वर्तमान प्रथाओं में आमूलचूल परिवर्तन की आवश्यकता होती है।

खाद्य प्रसंस्करण और वृत्ताकार अर्थव्यवस्था

खाद्य प्रणाली के भीतर, प्राथमिक उत्पादन के लिए पर्यावरण से भारी मात्रा में संसाधनों की आवश्यकता होती है। खाद्य प्रसंस्करण में ऊर्जा, पानी, पैकेजिंग सामग्री, रसायन और अन्य के रूप में अतिरिक्त इनपुट जुड़ते हैं, जबकि छिलके, बीज, पोमेस और ऑफकट सहित उप-उत्पाद और अपशिष्ट धाराएँ, उत्पन्न होती हैं। खाद्य उद्योग को अपने रैखिक उत्पादन मॉडल के कारण चुनौतियों का सामना करना पड़ता है जो सीमित संसाधनों को निकालता है, जिससे अपशिष्ट उत्पादन और पर्यावरण को नुकसान होता है। इसके अलावा, पैकेजिंग अक्सर लैंडफिल में समाप्त हो जाती है, जिससे पारिस्थितिकी तंत्र पर और अधिक दबाव पड़ता है। लगातार बढ़ती जनसंख्या और नियामक आवश्यकता, इन विषयों को और बढ़ा देती हैं। अनुमान बताते हैं कि आपूर्ति श्रृंखला में नुकसान के कारण वैश्विक स्तर पर उत्पादित एक तिहाई से अधिक भोजन बिना खा, रह जाता है। यह प्रति वर्ष लगभग 1-3 बिलियन टन है, जिसकी कीमत लगभग US+1 ट्रिलियन है।

खाद्य प्रणाली को वृत्ताकारता की ओर ले जाने से इस अक्षमता को कम करने और

पर्यावरणीय प्रभावों को कम करने का वचन दिया जाता है। वृत्ताकारता सूचकांकों को मापकर, व्यवसाय वृत्ताकारता की ओर अपनी प्रगति का आकलन कर सकते हैं और सुधार के क्षेत्रों की पहचान कर सकते हैं। खाद्य उत्पादन के लिए पुनर्योजी दृष्टिकोण, स्थानीय स्रोत और नवीन उत्पाद डिजाइन, चक्रीय खाद्य प्रणाली बनाने में महत्वपूर्ण तत्व हैं।

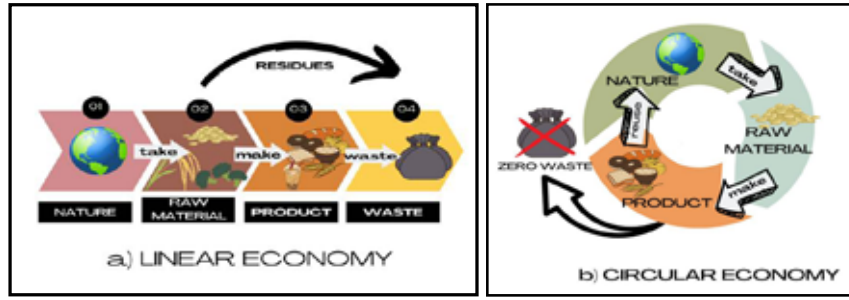
खाद्य प्रसंस्करण के लिए परिपत्र अर्थव्यवस्था समाधान

खाद्य प्रसंस्करण क्षेत्र में परिपत्र अर्थव्यवस्था की ओर संक्रमण के लिए एक बहुआयामी दृष्टिकोण की आवश्यकता होती है जो कच्चे माल की सोर्सिंग से लेकर जीवन-काल के अंत तक संपूर्ण मूल्य श्रृंखला को कवर करता है। इस संबंध में प्रमुख समाधान और रणनीतियाँ सम्मिलित हैं [4]

1- न्यूनतम अपशिष्ट और मूल्य निर्धारण के लिए प्रक्रिया डिजाइन: न्यूनतम प्रसंस्करण, उच्च दबाव प्रसंस्करण, स्पंदित विद्युत क्षेत्र और संपूर्ण-खाद्य उपयोग जैसी नवीन प्रौद्योगिकियाँ खाद्य भागों को त्यागने को कम करती हैं। उन्नत तकनीकें उप-उत्पादों को आहार फाइबर, पेक्टिन, एटीओक्सिडेंट, आटे और स्नेक्स जैसे उच्च-मूल्य वाले उत्पादों में मूल्य निर्धारण करने में सक्षम बनाती हैं, जिससे नई राजस्व धाराएँ, बनती हैं।

2- कैस्केडिंग उपयोग और औद्योगिक सहजीवन: एक कैस्केडिंग दृष्टिकोण अपनाता जहाँ उप-उत्पाद अन्य प्रक्रियाओं के लिए कच्चे माल बन जाते हैं। कृषि (पशु आहार, उर्वरक), ऊर्जा (बायोगैस, जैव रसायन) और रसद (परिवहन अनुकूलन) के साथ उप-उत्पादों (जैसे, लैक्टोज-मुक्त डेयरी के लिए मट्टा, बायोप्लास्टिक) के आदान-प्रदान के लिए पारस्परिक रूप से लाभकारी साझेदारी स्थापित करना।

3- संधारणीय पैकेजिंग डिजाइन और खाद्य अपशिष्ट रोकथाम: संयंत्र-आधारित/पुनर्नवीनीकरण सामग्री और न्यूनतम पर्यावरणीय प्रभाव के साथ बायोडिग्रेडेबल, खाद्य बनाने योग्य पैकेजिंग डिजाइन करना। खाद्य खराब होने को कम करने के लिए बेहतर प्रसंस्करण और



चित्र 2: ए) रैखिक अर्थव्यवस्था का मूल सिद्धांत; बी) परिपत्र अर्थव्यवस्था का मूल सिद्धांत

कोल्ड चैन के माध्यम से शेल्फ लाइफ को बढ़ाना।

4- बंद लूप आपूर्ति श्रृंखला: उत्पादन प्रक्रियाओं से पानी का पुनः उपयोग करने जैसे संचालन के भीतर सामग्री को पुनर्प्राप्त करने और रीसायकल करने के लिए बंद लूप को लागू करना। कम मूल्य वाले उप-उत्पादों के लिए पानी, पोषक तत्वों और ऊर्जा को पुनर्प्राप्त करने के लिए अवायवीय पाचन, खाद्य बनाने, थर्मल प्रसंस्करण का उपयोग करना।

5- पुनर्योजी कृषि और सटीक खेती: पुनर्योजी दृष्टिकोणों के लिए कृषि संचालन के साथ सहयोग जैसे कि खेत के कचरे को पुनर्चक्रित करके, कवर क्रॉपिंग और फसल चक्रण के माध्यम से ऊपरी मिट्टी का पुनर्जनन मिट्टी के स्वास्थ्य को बढ़ा सकता है और संसाधन की खपत को कम कर सकता है। संसर-आधारित निगरानी और डेटा, नालिटिक्स सहित सटीक कृषि तकनीकें किसानों को संसाधन उपयोग को अनुकूलित करने और फसल उत्पादन में बर्बादी को कम करने में सक्षम बनाती हैं।

6- ब्लॉकचेन के माध्यम से पता लगाने की क्षमता और पारदर्शिता: ब्लॉकचेन तकनीक का लाभ उठाने से आपूर्ति श्रृंखला में लेन-देन का पारदर्शी और अपरिवर्तनीय रिकॉर्ड प्रदान किया जा सकता है, जिससे पता लगाने की क्षमता और प्रामाणिकता सुनिश्चित होती है। यह न केवल उपभोक्ता विश्वास को बढ़ाता है बल्कि अधिक कुशल संसाधन प्रबंधन को भी सक्षम बनाता है और खाद्य धोखाधड़ी के संकटों को कम करता है।

7- टिकाऊ खाद्य डिजाइन: खाद्य उत्पादन के पर्यावरणीय पदचिह्न को कम करने

के लिए पौधे आधारित प्रोटीन की ओर बढ़ने जैसे डिजाइन परिवर्तनों की खोज करना [५],

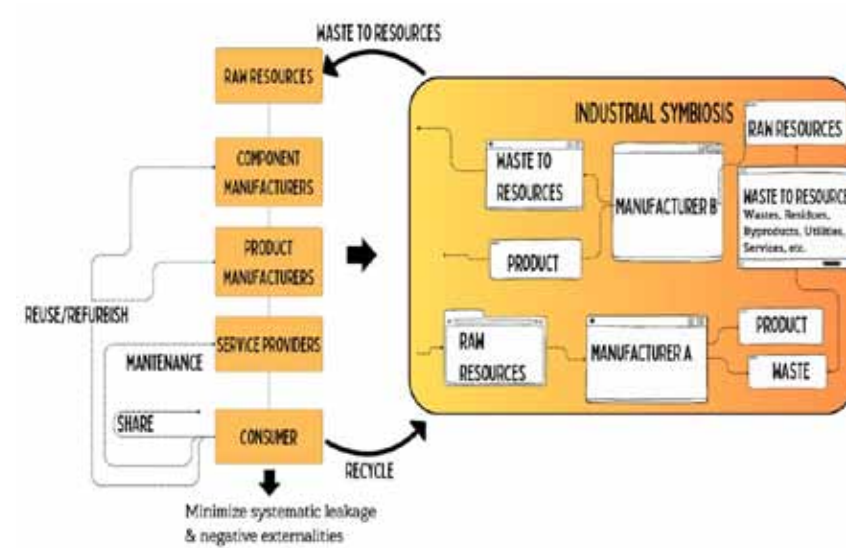
खाद्य प्रसंस्करण क्षेत्र में वास्तव में परिपत्र अर्थव्यवस्था प्राप्त करने के लिए संपूर्ण मूल्य श्रृंखला में हितधारकों को सम्मिलित करने वाले सहयोगी प्रयास की आवश्यकता होती है। इन समाधानों को लागू करने और लगातार नवाचार करने से, खाद्य उद्योग लाभप्रदता और प्रतिस्पर्धात्मकता को बढ़ाते हुए सतत विकास लक्ष्यों में योगदान दे सकता है [६],

खाद्य प्रसंस्करण के लिए चक्रीय अर्थव्यवस्था में चुनौतियाँ

जबकि वृत्ताकार अर्थव्यवस्था की ओर संक्रमण खाद्य प्रसंस्करण उद्योग के लिए कई अवसर प्रस्तुत करता है, इसके साथ कई चुनौतियाँ भी हैं जिन्हें इसकी पूरी क्षमता का, हसास करने के लिए संबोधित किया जाना चाहिए।

1- तकनीकी सीमाएँ: कुछ कंपनियों, विशेष रूप से छोटे उद्यमों, के पास कुशल संसाधन प्रबंधन, अपशिष्ट में कमी और उप-उत्पाद मूल्य निर्धारण के लिए आवश्यक उन्नत तकनीकों तक पहुँच की कमी हो सकती है।

2- प्रक्रिया जटिलता: खाद्य प्रसंस्करण उद्योग अक्सर जटिल कच्चे माल और उप-उत्पादों से निपटता है, जिनकी विशेषता उच्च नमी स्तर, कार्बनिक पदार्थ और संभावित खाद्य सुरक्षा संकट हैं। खाद्य गुणवत्ता और सुरक्षा मानकों को सुनिश्चित करते हुए प्रभावी मूल्य निर्धारण के लिए स्केलेबल और आर्थिक रूप से व्यवहार्य प्रक्रियाएँ, विकसित करना एक महत्वपूर्ण चुनौती बनी हुई है।



चित्र 3: औद्योगिक सहजीवन और वृत्ताकार अर्थव्यवस्था का संकल्पनात्मक आरेख

3- फीडस्टॉक परिवर्तनशीलता: खाद्य प्रसंस्करण के लिए कृषि फीडस्टॉक महत्वपूर्ण मौसमी और भौगोलिक परिवर्तनशीलता प्रदर्शित कर सकते हैं, जिससे वृत्ताकार अर्थव्यवस्था पहलों के लिए सुसंगत और विश्वसनीय आपूर्ति श्रृंखलाओं को बनाए रखना चुनौतीपूर्ण हो जाता है।

4- आपूर्ति श्रृंखला समन्वय: कई हितधारकों को सम्मिलित करने वाली जटिल आपूर्ति श्रृंखला, सर्कुलरिटी की दिशा में समन्वय प्रयासों को एक महत्वपूर्ण चुनौती बनाती है।

5- सार्वजनिक-निजी भागीदारी: संसाधनों को जुटाना और सार्वजनिक-निजी भागीदारी को बढ़ावा देना सर्कुलरिटी में संक्रमण का समर्थन करने के लिए

महत्वपूर्ण है।

6- विनियामक बाधाएँ: मौजूदा नियम और नीतियाँ हमेशा सर्कुलर अर्थव्यवस्था के सिद्धांतों के अनुरूप नहीं हो सकती हैं, जिससे कार्यान्वयन में बाधाएँ पैदा होती हैं।

7. उपभोक्ता व्यवहार: अपशिष्ट को कम करने, सर्कुलर उत्पादों का समर्थन करने के महत्व के बारे में उपभोक्ताओं को शिक्षित करना।

8. वित्तीय बाधाएँ: सर्कुलर अर्थव्यवस्था प्रथाओं को लागू करने के लिए आधारभूत ढाँचे, प्रौद्योगिकी और प्रक्रिया संशोधनों में अग्रिम निवेश की आवश्यकता हो सकती है, जो व्यवसायों, विशेष रूप से छोटे उद्यमों के लिए चुनौतीपूर्ण हो सकता है।

9- परिवर्तन का प्रतिरोध: प्राथमिक चुनौतियों में से एक पारंपरिक रैखिक मॉडल से सर्कुलर प्रथाओं में परिवर्तन का प्रतिरोध है। कंपनियाँ संकट, लागत या सर्कुलरिटी के लाभों के बारे में जागरूकता की कमी के कारण नई तकनीकों में निवेश करने या अपनी प्रक्रियाओं को बदलने में संकोच कर सकती हैं।

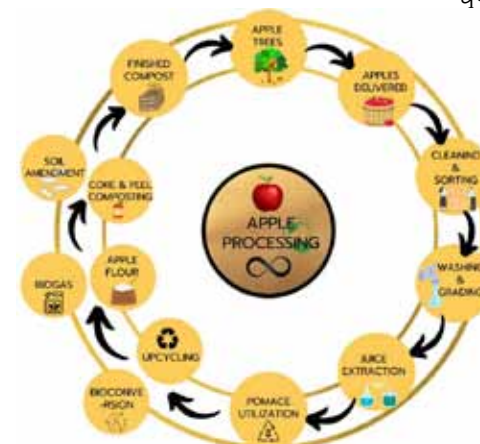
भविष्य की संभावनाएँ :

खाद्य प्रसंस्करण में सर्कुलर अर्थव्यवस्था का भविष्य उज्ज्वल है, जो तकनीकी प्रगति, उपभोक्ता

मांग और पर्यावरणीय आवश्यकताओं से प्रेरित है। सटीक किण्वन, जैव प्रौद्योगिकी और उन्नत रीसाइक्लिंग में नवाचार खाद्य अपशिष्ट को मूल्यवान उत्पादों में बदल देंगे। बायोरिफाइनरियों में वृद्धि और कैस्केडिंग उपयोग संसाधन निष्कर्षण को अधिकतम करेगा। आईओटी, बिग डेटा और एआई का उपयोग करके डिजिटल परिवर्तन दक्षता को बढ़ाएगा। सहयोगी पारिस्थितिकी तंत्र और औद्योगिक सहजीवन सामग्री लूप को बंद कर देंगे। उपभोक्ता जागरूकता और सहायक नीतियों में वृद्धि सर्कुलर प्रथाओं और संधारणीय मॉडल को और बढ़ावा देगी।

निष्कर्ष:

खाद्य प्रसंस्करण उद्योग को एक सर्कुलर अर्थव्यवस्था में बदलने के लिए सभी हितधारकों को सम्मिलित करते हुए एक समग्र, सहयोगी दृष्टिकोण की आवश्यकता होती है। तकनीकी सीमाओं, प्रक्रिया जटिलताओं, आपूर्ति श्रृंखला समन्वय और नियामक बाधाओं जैसी चुनौतियों के बावजूद भी, लाभ इस परिवर्तन को संधारणीय विकास के लिए आवश्यक बनाते हैं। उप-उत्पाद मूल्य निर्धारण, बंद लूप आपूर्ति श्रृंखला, पुनर्योजी कृषि और संधारणीय पैकेजिंग जैसी परिपत्र रणनीतियाँ संसाधन निष्कर्षण से विकास को अलग कर सकती हैं और पर्यावरणीय प्रभाव को कम कर सकती हैं। बायोरिफाइनरी, किण्वन, डिजिटलीकरण और उन्नत प्रसंस्करण विधियों जैसी सक्षम तकनीकें इस परिवर्तन को आगे बढ़ाएंगी। सामाजिक-आर्थिक बाधाओं पर काबू पाना, क्रॉस-सेक्टर साझेदारी को बढ़ावा देना और उपभोक्ता जागरूकता बढ़ाना महत्वपूर्ण है। यह बदलाव स्थिरता, संसाधन दक्षता और पर्यावरण संरक्षण को बढ़ाने, उद्योग की प्रतिस्पर्धात्मकता, लचीलापन और संधारणीय भविष्य में योगदान को बढ़ाने की अपार संभावना, प्रदान करता



चित्र 4: उप-उत्पादों का पुनर्वितरण

