प्रक्रियेतील नवे तंत्र भाग ८७

डॉ. विक्रम कड डॉ. गणेश शेळके डॉ. सुदामा काकडे

फ्रेश कट उद्योगासाठी कापण्याची प्रगत यंत्रे

भाजीपाला कापण्यासाठी औद्योगिक यंत्रांचे प्रकार

साल काढणी व कापणी (कटिंग व पिलिंग) हा फ्रेश-कट व्यवसायाचा अत्यंत महत्त्वाचा टप्पा आहे. एका चांगल्या दर्जाच्या आणि अतिधारदार ब्लेड असलेल्या कटिंग मशिनवर केलेली गुंतवणूक ही कधीही वाया जात नाही. प्रक्रियेदरम्यान फळांच्या आणि भाज्यांच्या सूक्ष्म पेशींना कमीत कमी इजा पोहोचविणे हाच उत्पादनाची टिकवण क्षमता वाढवण्याचे सर्वांत महत्त्वाचे तंत्र आहे.

कापण्यासाठी औद्योगिक यंत्रांचे प्रकार

प्रगत आणि जागतिक दर्जाच्या फ्रेश-कट कारखान्यांमध्ये कच्च्या मालाला वेगवेगळ्या आकारात अचूकपणे कापण्यासाठी खास स्वयंचलित मशिन्स वापरल्या जातात.

- **स्लायसर (गोल चकत्या करण्यासाठी)**
  काकडी, कांदा, टोमॅटो किंवा लिंबू यांच्या अगदी एकसमान गोल चकत्या करण्यासाठी या यंत्राचा वापर केला जातो. यामध्ये कच्चा माल एका 'कन्व्हेअर बेल्ट'वरून (किंवा V-Belt मधून) वेगाने पुढे ढकलला जातो आणि समोर प्रचंड वेगाने फिरणारे 'रोटरी ब्लेड' एका सेकंदात त्याचे अचूक स्लाइस करते. बेल्टचा आणि ब्लेडचा वेग नियंत्रित करून या चकत्यांची जाडी हवी तशी ठरवता येते.
- **डायसर / थ्री-डी कटर (चौकोनी तुकडे करण्यासाठी)**
  गाजर, पपई, भोपळा, बटाटा यांचे अगदी अचूक आणि सुबक चौकोनी तुकडे करण्यासाठी डायसर वापरतात. पंचतारांकित हॉटेल्समध्ये अशाच कटिंगला मागणी असते. यात एकाच वेळी तीन वेगवेगळी ब्लेड्स तीन दिशांनी (X, Y, Z अक्षावर) काम करत असल्याने याला 'थ्री-डी' कटर म्हटले जाते.
- **स्लायसिंग नाईफ** : हे ब्लेड सुरुवातीला फळाच्या जाडीनुसार चकत्या करते.
- **सर्क्युलर नाईफ** : हे ब्लेड त्या चकत्यांचे वेगाने उभे काप करते.
- **क्रॉसकट नाइफ** : हे फिरते ब्लेड त्या उभ्या कापांना आडवे कापून अगदी अचूक आणि परिपूर्ण चौकोनी तुकडा बनवते.

वॉटरजेट तंत्रज्ञान (अतिप्रगत तंत्रज्ञान)

प्रगत देशांमध्ये काही फळे व भाज्या उत्पादनांच्या कापणीसाठी धातूचे ब्लेड न वापरता त्याऐवजी पाण्याचा अति-प्रचंड दाबाचा (Ultra-high pressure water stream - जवळपास ५०,००० पीएसआय दाब) वापर केला जातो. पाण्याचा हा जेट सुईच्या टोकापेक्षाही बारीक धारेच्या रूपात सोडला जातो. या तंत्रात ब्लेड नसल्यामुळे घर्षण शून्य राहते. कापताना अजिबात उष्णता निर्माण होत नाही. फळांच्या पेशींचे नुकसान शून्य टक्क्यांवर येते. अत्यंत नाजूक पालेभाज्या (उदा. लेट्यूस/सॅलड पाने) आणि मऊ फळांसाठी हे तंत्रज्ञान म्हणजे एक मोठे वरदान आहे.

कापणी प्रक्रियेतील ३ सर्वांत महत्त्वाचे तांत्रिक नियम

जर कारखान्यात स्वयंचलित कटिंग मशिन्स वापरत असाल, तर अन्न सुरक्षा आणि मानके प्राधिकरण (FSSAI) आणि ISO च्या नियमांनुसार खालील तीन तांत्रिक नियम पाळणे अत्यंत अनिवार्य असते.

- **ब्लेडचा धातू** : कारखान्यातील मशीन्सचे बाकीचे सर्व सुटे भाग आणि पृष्ठभाग हे 'स्टेनलेस स्टील'चे (SS ३०४, ३१४, ३१६) बनलेले असतात. परंतु स्टेनलेस स्टील हा धातू थोडा मऊ असल्याने त्यापासून अत्यंत तीक्ष्ण आणि धारदार ब्लेड बनवता येत नाही. त्यामुळे, कटिंग मशिन्सचे ब्लेड्स हे नेहमी "SS ४२०' किंवा "SS ४४०C" या विशेष हाय-कार्बन आणि अतिशय कठीण स्टीलचेच बनविलेले असावेत. हे विशेष ब्लेड्स फळांच्या ॲसिडमुळे गंजत नाहीत आणि आपली तीक्ष्ण धार दीर्घकाळ टिकवून ठेवतात.
- **घर्षणामुळे निर्माण होणाऱ्या उष्णतेवर नियंत्रण** : जेव्हा कटिंग मशिनचे ब्लेड १५०० ते २५०० आरपीएम (फेऱ्या प्रति मिनिट) या प्रचंड वेगाने फिरते. सततच्या घर्षणामुळे ब्लेड खूप गरम होते. ही उष्णता जर कापल्या जाणाऱ्या ताज्या फळांना किंवा भाज्यांना लागली, तर फळांच्या पेशींचे नुकसान होते. माल तिथेच काळा पडून खराब होऊ शकतो. हे टाळण्यासाठी, कटिंगची प्रक्रिया चालू असताना ब्लेडवर आणि कापल्या जाणाऱ्या मालावर ४ अंश सेल्सिअसच्या थंड पाण्याचा अति-सूक्ष्म फवारा सतत चालू ठेवला जातो. यामुळे ब्लेड आणि फळे दोन्ही थंड राहतात. फळांचा नैसर्गिक रंग टिकून राहतो.
- **ब्लेड्सचे नियमित निर्जंतुकीकरण** : सततच्या कटिंगमुळे मशिन्सच्या ब्लेड्सवर आणि त्यांच्या जोडणीच्या सूक्ष्म खाचांमध्ये फळांचा गोड रस साचून राहतो. या रसातील साखरेमुळे तिथे हानिकारक जिवाणू आणि बुरशी वेगाने वाढतात. हे टाळण्यासाठी अन्न सुरक्षेच्या नियमांनुसार, सलग कटिंग चालू असतानाही प्रत्येक ४ तासांनी मशिन्स थांबवणे सक्तीचे आहे. या वेळेत ब्लेड्स मशिन्समधून वेगळे काढून ते २०० पीपीएम क्षमतेच्या क्लोरिन किंवा हायड्रोजन पेरॉक्साइडच्या द्रावणात पूर्णपणे निर्जंतुक करणे कायदेशीररीत्या अनिवार्य असते. यामुळे एका बॅचचे जंतू दुसऱ्या बॅचमध्ये जात नाहीत.

धुण्याचे विज्ञान आणि 'सूक्ष्मजीवांचा भार'

साध्या पाण्याने फळे धुतल्यास फक्त माती निघून जाते, जिवाणू मरत नाहीत. फ्रेश कट उत्पादनामध्ये फळे व भाज्या थेट कच्च्याच खात जात असल्याने निर्जंतुकीकरणाची प्रक्रिया अत्यंत काटेकोरपणे गरजेचे असते. उत्पादनावर 'ई-कोलाय' किंवा 'सॅलमोनेला'सारखे जिवाणू राहिले, तर ग्राहकाला गंभीर अन्न विषबाधा होऊ शकते. अशी घटना घडल्यास ब्रॅण्डची विश्वासार्हता एका दिवसात शून्यावर येऊ शकते.

थेट शेतातून आलेल्या फळे आणि भाज्या या तेथील माती, सेंद्रिय खते आणि दूषित पाणी यांच्या संपर्कामुळे दूषित झालेली असू शकतात. त्यावर सूक्ष्मजीवांचा मोठा भार (बायोलोड) असतो.

- **जिवाणूंचा चिकट पापुद्रा (बायोफिल्म)** : अनेकदा हानिकारक जिवाणू स्वतःला वाचवण्यासाठी फळांच्या आणि भाज्यांच्या पृष्ठभागावर एक 'चिकट आवरण' (बायोफिल्म) तयार करतात. साध्या पाण्याचा प्रवाह या चिकट आवरणाला छेदू शकत नाही किंवा तोडून आत जाऊ शकत नाही. त्यामुळे नुसत्या पाण्याने धुतल्यास हे जिवाणू मरत नाहीत.
- **पाण्यामार्फत होणारे दूषितीकरण** : समजा, कापलेली ताजी भाजी धुण्यासाठी एका मोठ्या पाण्याच्या टाकीत टाकली असता त्यातील एका पानावर जरी हानिकारक जिवाणू असतील, तर ते जिवाणू लगेच त्या पाण्यात मिसळतात. पूर्ण पाणी दूषित होऊन उर्वरित चांगल्या आणि स्वच्छ भाजीलाही पूर्णपणे दूषित करते (परस्पर संसर्ग). हे गंभीर दूषितीकरण रोखण्यासाठी फळे धुण्याच्या पाण्यात योग्य क्षमतेचे 'सॅनिटायझर' (जंतुनाशक घटक) मिसळणे कायद्याने सक्तीचे असते.

त्यामुळे अन्न सुरक्षा आणि मानके प्राधिकरण (FSSAI) आणि जागतिक मानकांनुसार वापरल्या जाणाऱ्या क्लोरिन, ओझोन वायू आणि प्रगत अति-ध्वनी लहरी (अल्ट्रासॉनिक) निर्जंतुकीकरण तंत्रज्ञानाची माहिती घेऊ.

क्लोरिनचा वापर

'फ्रेश-कट' उद्योगात जगभरात सर्वांत जास्त वापरले जाणारे पारंपरिक आणि स्वस्त रसायन म्हणजे क्लोरिन (सोडिअम हायपोक्लोराइट).

- **क्लोरीनचे प्रमाण** : अन्न सुरक्षा आणि मानके प्राधिकरणाच्या (FSSAI) कडक नियमांनुसार, फळे आणि भाज्या धुण्याच्या पाण्यात ५० ते २०० पीपीएम इतके क्लोरीनचे प्रमाण असणे अनिवार्य आहे.

क्लोरिन काम कसे करते?

- जेव्हा क्लोरिन पाण्यात मिसळते, तेव्हा रासायनिक प्रक्रियेतून त्या पाण्यात हायपोक्लोरस ॲसिड (HOCl) तयार होते. हे ॲसिड अत्यंत शक्तिशाली असून ते थेट जिवाणूंचे बाह्य आवरण फोडते आणि त्यांना आतून नष्ट करते.
- क्लोरीन उत्तमपणे काम करण्यासाठी पाण्याचा पीएच ६.० ते ६.५ च्या दरम्यान असला पाहिजे. या पीएचमध्ये क्लोरीन सर्वांत वेगाने आणि १०० टक्के क्षमतेने काम करते. आपल्या पाण्याचा पीएच ८.० (अल्कलाइन/ खारे पाणी) असेल, तर त्यात २०० पीपीएम क्लोरिन टाकूनही जिवाणू मरणार नाहीत. त्यामुळे पाण्यात क्लोरिन टाकण्यासोबतच पाण्याचा पीएच मोजून त्यात थोडे सायट्रिक ॲसिड टाकून पाण्याचा पीएच ६ ते ६.५ च्या दरम्यान आणावा. याकडे थोडे दुर्लक्ष झाले तर उत्पादन लवकर खराब होते.
- **क्लोरीनचे तोटे** : जरी ही पद्धत स्वस्त असली, तरी तिचे काही तांत्रिक तोटे आहेत.
- **उग्र वास** : क्लोरिनच्या वापरामुळे उत्पादनाला थोडा दवाखान्यासारखा उग्र वास येऊ शकतो.
- **हानिकारक रसायनांची निर्मिती** : जर धुण्याच्या पाण्यात भाज्यांसोबत खूप माती किंवा पानांचा सेंद्रिय कचरा आला असेल, तर क्लोरिन त्या कचऱ्यासोबत रासायनिक प्रक्रिया करून 'ट्राय-हॅलो-मिथेन्स' नावाचे हानिकारक रसायन बनवते. म्हणूनच मुख्य क्लोरिन धुलाईच्या आधी प्राथमिक धुलाईद्वारे उत्पादनावरील माती व सेंद्रिय पदार्थ काढणे अत्यंत गरजेचे असते.

ओझोन तंत्रज्ञान

बहुराष्ट्रीय कंपन्या निर्यातीसाठी लागणारा माल धुण्यासाठी आता क्लोरीनऐवजी ओझोन वायूचा वापर करू लागल्या आहेत.

ओझोन म्हणजे काय?

रासायनिकदृष्ट्या O_3 म्हणजे ओझोन. हवेतील नैसर्गिक ऑक्सिजन (O_2) मध्ये खास ओझोन जनरेटरद्वारे आणखी एक ऑक्सिजन अणू जोडून त्याचे रूपांतर ओझोन वायूमध्ये (O_3) केले जाते. हा वायू धुलाई टाकीच्या पाण्यात बुडबुड्यांच्या स्वरूपात सोडला जातो.

या तंत्रज्ञानाचे फायदे

- ओझोन हा क्लोरिनपेक्षा तब्बल ३००० पटीने अधिक वेगाने काम करतो. तो जिवाणूंच्या आणि सूक्ष्मजीवांच्या बाह्य पेशींना ऑक्सिडेशन प्रक्रियेद्वारे अक्षरशः जाळून नष्ट करतो.
- ओझोन वायूचे सर्वांत मोठे वैशिष्ट्य म्हणजे, त्याचे काम संपले की अवघ्या २० मिनिटांत त्याचे पुन्हा नैसर्गिक ऑक्सिजनमध्ये (O_2) रूपांतर होते. त्यामुळे फळांवर किंवा भाज्यांवर कोणत्याही हानिकारक रसायनाचा अंश उरत नाही. मालाला कोणताही उग्र वास येत नाही. यामुळेच एफएसएसएआय आणि जागतिक अन्न व औषध प्रशासनाने (FDA) ओझोनला १०० टक्के सुरक्षित (GRAS - Generally Recognized as Safe) असा सर्वोच्च दर्जा दिला आहे.
- फळे लवकर पिकवणाऱ्या आणि सडवणाऱ्या इथिलीन वायूलाही ओझोन नष्ट करतो. पाण्यातील बुरशीचे बीजाणूही मारतो.त्यामुळे फळे व भाज्यांची टिकवणक्षमता (शेल्फ लाइफ) अनेक दिवसांनी वाढते.

- डॉ. विक्रम कड 0७५८८०२४६९७
कृषी प्रक्रिया अभियांत्रिकी विभाग
महात्मा फुले कृषी विद्यापीठ, राहुरी