

## फल एवं सब्जी ग्रेडिंग मशीन, संचालन, तकनीक एवं वैज्ञानिक विश्लेषण

बालाजी विक्रम और रुचि वर्मा

### परिचय:

भारत विश्व का दूसरा सबसे बड़ा फल एवं सब्जी उत्पादक देश है, परन्तु अपर्याप्त फसलों की बचाने के उपायों के अभाव में प्रत्येक वर्ष करोड़ों रुपये का नुकसान होता है। ग्रेडिंग मशीन इस समस्या का एक प्रभावशाली समाधान है जो किसानों, व्यापारियों और प्रसंस्करण उद्योग को सीधा लाभ देती है। फल एवं सब्जिया ग्रेडिंग मशीन एक स्वचालित यंत्र है जो उत्पाद को उसके आकार, भार, रंग, घनत्व और गुणवत्ता के आधार पर अलग-अलग श्रेणियों में वर्गीकृत करती है। यह मशीन कृषि उत्पादों की बर्बादी को कम करने, बाजार मूल्य बढ़ाने और निर्यात गुणवत्ता सुनिश्चित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है।

### भारत में फसलों की हानि की स्थिति

राष्ट्रीय कृषि एवं ग्रामीण विकास बैंक परामर्श सेवा द्वारा खाद्य प्रसंस्करण उद्योग मंत्रालय के लिए 2022 में किए गए अध्ययन के अनुसार:

### 1. ग्रेडिंग बाजार का विस्तार

वैश्विक फल एवं सब्जिया ग्रेडिंग बाजार 2024 में 2.3 अरब अमरीकी डालर का था और 2033 तक 4.1 अरब अमरीकी डालर तक पहुँचने की उम्मीद है, जो 7.4% की वार्षिक वृद्धि दर से बढ़ रहा है। भारत का फल एवं सब्जिया प्रसंस्करण बाजार 2024 में 876.56 मिलियन डॉलर था जो 2030 तक 1,182.34 मिलियन डॉलर होने का अनुमान है।

### 2. ग्रेडिंग मशीन के प्रकार

ग्रेडिंग मशीनें विभिन्न सिद्धान्तों पर कार्य करती हैं। मुख्य प्रकार निम्नलिखित हैं:

#### ⇒ आकार आधारित ग्रेडिंग

विभाजक बैलट/रोप ग्रेडिंग : खीरे, गेर्जिन, अननास और बड़ी जड़ वाली सब्जियों के लिए उपयुक्त। दो बैलटों की अलग-अलग गति उत्पाद को घुमाते हुए आगे बढ़ाती है जब तक व्यास बैलट की दूरी के बराबर न हो जाए।

फसल का प्रकार	न्यूनतम हानि %	अधिकतम हानि %	प्रमुख कारण
फल	6.02%	15.05%	अनुचित छंटाई, परिवहन
सब्जियाँ	4.87%	11.61%	ग्रेडिंग का अभाव, भंडारण
अनाज	3.89%	5.92%	नमी, कीट
दलहन	5.65%	6.74%	प्रसंस्करण की कमी

स्रोत: राष्ट्रीय कृषि एवं ग्रामीण विकास बैंक परामर्श सेवा अध्ययन, लोक सभा में प्रस्तुत ;6 अगस्त 2024  
2023 में भारत का कुल फसलों की हानि रु926 अरब से अधिक आँकी गई।

बालाजी विक्रम और रुचि वर्मा

फसलोत्तर प्रौद्योगिकी विभाग, उद्यान महाविद्यालय

बांदा कृषि एवं प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, बांदा उत्तर प्रदेश-210001, (भारत)

- ☞ रोलर ग्रेडिंग : नींबू, संतरे जैसे गोल फलों के लिए। रोलर के बीच की दूरी धीरे-धीरे बढ़ती जाती है।
- ☞ जाली स्क्रीनी ग्रेडिंग : आलू, प्याज, आँवले जैसे कन्द-मूल फलों के लिए उपयुक्त।

### ⇒ भार आधारित ग्रेडिंग

इस प्रणाली में प्रत्येक फल को व्यक्तिगत टे में रखा जाता है जो उसके भार के अनुसार स्वचालित रूप से संबंधित कन्वेयर बैलट पर छोड़ देती है। यह सेब, नाशपाती, सन्ते और अनियमित आकार के फलों के लिए आदर्श है।

### ⇒ मशीन दृष्टि एवं कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित ग्रेडिंग

यह सबसे आधुनिक प्रणाली है जिसमें कैमरे, सेंसर और कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग होता है। 2024-25 के वैज्ञानिक शोध के अनुसार, गहरी शिक्षण आधारित प्रणालियाँ फल ग्रेडिंग में 95-99% तक की सटीकता प्राप्त कर सकती हैं।

### 3. मशीन के मुख्य घटक

घटक	कार्य	तकनीक
फीडिंग होपर	कच्चा माल डालना	कम्पनीत / कन्वेयर
वाशिंग यूनिट	सफाई और धुलाई	जल प्रक्षेप / ब्रश रोलर
ड्रायिंग यूनिट	नमी हटाना	एयर ब्लोअर / रोलर
ग्रेडिंग सेक्शन	आकार / भार वर्गीकरण	रोलर / बैलट / कृत्रिम बुद्धिमत्ता कैमरा
सोर्टिंग कन्वेयर	श्रेणी अनुसार वितरण	इलेक्ट्रो-यांत्रिक
नियंत्रण पैनल	मशीन नियंत्रण	पीएलसी / एचएमआई / संचार प्रणाली

### 4. मशीन चलाने की विधि

ग्रेडिंग मशीन को सुरक्षित और प्रभावी तरीके से चलाने के लिए निम्नलिखित चरणों का पालन करें:

#### चरण 1: पूर्व संचालन जाँच

- ☞ मशीन के सभी बोल्ट और नट की जाँच करें कोई ढीला हिस्सा न हो।
- ☞ बैलट और रोलर में उचित तनाव और लुब्रिकेशन सुनिश्चित करें।
- ☞ विद्युत कनेक्शन की जाँच करें (3-फेज 415वी या सिंगल फेज 230वी के अनुसार)।
- ☞ पानी की आपूर्ति और निकासी प्रणाली की जाँच करें।
- ☞ रोलर्स के बीच की दूरी वांछित ग्रेड के अनुसार निर्धारित करें।

#### चरण 2: ग्रेड सेटिंग

विभिन्न फलों एवं सब्जियों के लिए भारतीय मानक ब्यूरो एवं एगमार्क मानकों के अनुसार ग्रेड तय करें:

#### चरण 3: मशीन स्टार्ट करना

- ☞ मुख्य स्विच 'चालू' करें और कन्वेयर

#### चरण 2: ग्रेड सेटिंग

उत्पाद	ए ग्रेड (ब्यास)	बी ग्रेड (ब्यास)	सी ग्रेड (ब्यास)
टमाटर	>65 mm	50-65 mm	<50 mm
आलू	>55 mm	40-55 mm	<40 mm
प्याज	>60 mm	45-60 mm	<45 mm
सेब	>75 mm	60-75 mm	<60 mm
नींबू	>50 mm	38-50 mm	<38 mm

बैलट को निर्धारित गति (0.3 से 1.2 मी./से.) पर सेट करें।

- ☞ वाशिंग पम्प प्रारंभ करें, पानी का तापमान 15 से 20 डिग्री सेल्सियस बनाए रखें।
- ☞ कृत्रिम बुद्धिमत्ता/कैमरा प्रणाली (यदि उपलब्ध हो) को कैलिब्रेट करें।
- ☞ पहले छोटी मात्रा में परीक्षण चलाएँ।

#### चरण 4: उत्पाद लोडिंग

- ☞ फलों/सब्जियों को फीडिंग होपर में धीरे-धीरे और समान रूप से डालें।
- ☞ एक बार में अत्यधिक मात्रा न डालें, यह जाम होने का कारण बन सकता है।
- ☞ क्षतिग्रस्त या बहुत बड़े आकार के उत्पाद पहले हाथ से निकाल लें।

#### चरण 5: निरीक्षण एवं समन्वय

- ☞ परिणाम की निरन्तर निगरानी करें, सुनिश्चित करें कि सही ग्रेड सही बास्केट में जा रहे हैं।
- ☞ यदि ग्रेडिंग असटीक हो तो रोलर गैप या संवेदनशीलता समन्वय करें।
- ☞ कन्वेयर की गति को उत्पाद की मात्रा के अनुसार नियंत्रित करें।

#### चरण 6: मशीन बंद करना और सफाई

- ☞ उत्पाद लोडिंग बंद करें और मशीन को खाली होने दें।
- ☞ वाशिंग यूनिट और कन्वेयर को साफ पानी से धोएँ।
- ☞ रोलर्स और बेल्ट को सुखाएँ, नमी से जंगी और बैक्टीरिया पनपते हैं।

☞ मुख्य स्विच बंद करें और लगबुक में संचालन समय दर्ज करें।

#### 5. वैज्ञानिक तकनीकें

##### ⇒ मशीन दृष्टि प्रणाली

मशीन दृष्टि में कैमरे, उचित प्रकाश व्यवस्था और चित्र प्रसंस्करण एल्गोरिथम का उपयोग होता है। यह प्रणाली 100 से 1200 फल प्रति मिनट की गति से ग्रेडिंग कर सकती है। 2025 में प्रकाशित एक अध्ययन में गहरी शिक्षण आधारित वास्तविक समय मशीन दृष्टि प्रणाली ने विभिन्न ग्रेडिंग गति पर फल का सटीक वर्गीकरण किया।

##### ⇒ निकट स्पेक्ट्रोस्कोपी प्रणाली

निकट स्पेक्ट्रोस्कोपी (780 से 2500 दृश्य तरंगदैर्घ्य) का उपयोग फल की आन्तरिक गुणवत्ता जैसे शर्करा की मात्रा, अम्लता और शुष्क पदार्थ को बिना काटे मापने के लिए होता है। यह अविनाशकारी तकनीक है।

##### ⇒ हाइपरस्पेक्ट्रल इमेजिंग चित्रण

यह उन्नत तकनीक 400 से 2500 दृश्य रेणु में सैकड़ों वर्णक्रम पाटियों को एक साथ प्राप्त करती है। इससे फल की परिपक्वता, रोग और आन्तरिक दोषों का पता चलता है जो सामान्य कैमरे से नहीं दिखते।

##### ⇒ कृत्रिम बुद्धिमत्ता और गहरा शिक्षण

आधुनिक वस्तु पहचान प्रतिरूप कृषि अनुप्रयोगों में 99.1% उच्च सटीकता प्राप्त कर चुके हैं। संवालयन तंत्रीकय जाल फल के रंग, बनावट और आकार का विश्लेषण करके ग्रेड निर्धारित करती हैं।

तकनीक	मापदंड	सटीकता	गति
मशीन दृष्टि	आकार, रंग, बाह्यी दोष	92-96%	उच्च
निकट स्पेक्ट्रोस्कोपी	शर्करा, अम्लता, नमी	90-95%	मध्यम
हाइपरस्पेक्ट्रल	आन्तरिक गुण, रोग	95-98%	कम-मध्यम
गहरा शिक्षण	समग्र गुणवत्ता	95-99%	उच्च
भार संवेदक	भार, घनत्व	99%+	बहुत उच्च

## 6. रखरखाव और समस्या निवारण

⇒ नियमित रखरखाव कार्यक्रम

☞ चलती मशीन के अंदर कभी हाथ न डालें।

अवधि	रखरखाव कार्य
दैनिक	सफाई, ग्रीज, बोल्ट जाँच, संवेदक सफाई
साप्ताहिक	बैलट तनाव, रोलर गैप आंकन, फिल्टर सफाई
मासिक	बेयरिंग चक्रनन, कैमरा आंकन, विद्युत जाँच
वार्षिक	बैलट/रोलर बदलना, मोटर अनुरक्षण, सॉफ्टवेयर अपडेट

⇒ सामान्य समस्याएँ एवं समाधान

☞ जाम होना: अत्यधिक लोडिंग से बचें, नियमित सफाई करें।

☞ गलत ग्रेडिंग: रोलर गैप या कृत्रिम बुद्धिमत्ता सीमा को री कैलिब्रेट करें।

☞ कन्वेयर फिसलना: बैलट तनाव जाँचें और बढ़ाएँ।

☞ संवेदक त्रुटि: लेंस साफ करें, प्रकाश व्यवस्था जाँचें।

☞ असामान्य आवाज: बेयरिंग जाँचें, लुब्रिकेंट लगाएँ।

## 7. सुरक्षा नियम

मशीन चलाते समय हमेशा सुरक्षा दस्ताने, आँख का चश्मा और फिसलन रोधी जूते पहनें।

☞ रखरखाव से पहले मुख्य बिजली बंद करें (ताला-बंद/लोग आउट/टैग आउट प्रक्रिया)।

☞ मशीन के पास पानी या गीले हाथों से बिजली स्विच न छूँ।

☞ आपातकालीन रोक बटन की स्थिति सभी संचालकों को पता होनी चाहिए।

☞ 12 वर्ष से कम आयु के बच्चों को मशीन क्षेत्र में न आने दें।

## 8. आर्थिक लाभ और निवेश

ग्रेडिंग मशीन में निवेश किसानों और व्यापारियों के लिए अत्यंत लाभदायक है:

अध्ययनों के अनुसार, स्वचालित ग्रेडिंग प्रणाली श्रम निर्भरता को 50% तक कम कर सकती है और कृत्रिम बुद्धिमत्ता-संचालित

लाभ का पहलू	हस्तचालित ग्रेडिंग	मशीन ग्रेडिंग
प्रति घंटा क्षमता	150-200 किग्रा	2000-10000 किग्रा
ग्रेडिंग सटीकता	70-80%	92-99%
श्रम लागत	उच्च (5-10 मजदूर)	न्यूनतम (1-2 संचालक)
उत्पाद को नुकसान	अधिक	न्यूनतम
निर्यात उपयुक्तता	कम	उच्च

प्रणालियाँ उत्पाद की एकरपता सुनिश्चित करके बाजार मूल्य में 15 से 25% की वृद्धि करती हैं।

## 9. सरकारी योजनाएँ एवं अनुदान

🔗 **प्रधानमंत्री किसान संपदा योजना:** 2024 में भारत सरकार ने 399 शीतल भंडारण परियोजनाएँ स्वीकृत कीं जिसमें पैकहाउस और शीत पूर्व सुविधाएँ शामिल हैं।

🔗 **प्रधानमंत्री लघु खाद्य प्रसंस्करण उद्यम औपचारिकीकरण:** ₹10,000 करोड़ की योजना जिसमें प्रसंस्करण उपकरणों पर अनुदान उपलब्ध है।

🔗 **राष्ट्रीय कृषि एवं ग्रामीण विकास बैंक अनुदान:** कृषि प्रसंस्करण उपकरणों पर 25 से 35% तक की सहायता।

🔗 **कृषि एवं प्रसंस्कृत खाद्य निर्यात विकास प्राधिकरण:** निर्यात उन्मुख ग्रेडिंग एवं पैकेजिंग इकाइयों के लिए सहायता।

## 10. भविष्य की तकनीकें

🔗 **इन्टरनेट ऑफ थिंग्स एकीकरण:** क्लाउड से जुड़ी मशीनें जो वास्तविक समय डेटा भेजतीं।

🔗 **डिजिटल आभासी प्रतिरूप:** प्रसंस्करण लाइन का डिजिटल मॉडल जो भविष्य वाणी कर सके।

🔗 **हाइपरस्पेक्ट्रल चित्रण और कृत्रिम बुद्धिमता:** आन्तरिक गुण और परिपक्वता की सटीक जाँच।

🔗 **रोबोटिक वर्गीकरण:** रोबोटिक भुजाएँ जो कृत्रिम बुद्धिमता निर्देश पर व्यक्तिगत फल उठाएँ।

🔗 **ब्लॉकचेन अनुरेखण:** खेत से उपभोक्ता तक पूर्ण पारदर्शिता।

फल एवं सब्जिया ग्रेडिंग मशीन आधुनिक कृषि की आवश्यकता है। जहाँ एक ओर यह फसलों की हानि को 50% तक कम कर सकती है, वहीं दूसरी ओर निर्यात की गुणवत्ता और किसानों की आय में उल्लेखनीय वृद्धि करती है। मशीन दृष्टि, गहरा शिक्षण और इन्टरनेट ऑफ थिंग्स जैसी उन्नत तकनीक के समावन से ये मशीनें 2025 में और भी अधिक कुशल हो गई हैं। सरकारी अनुदान योजनाओं का लाभ उठाकर छोटे और मझोले किसान भी इन मशीनों को अपना सकते हैं।