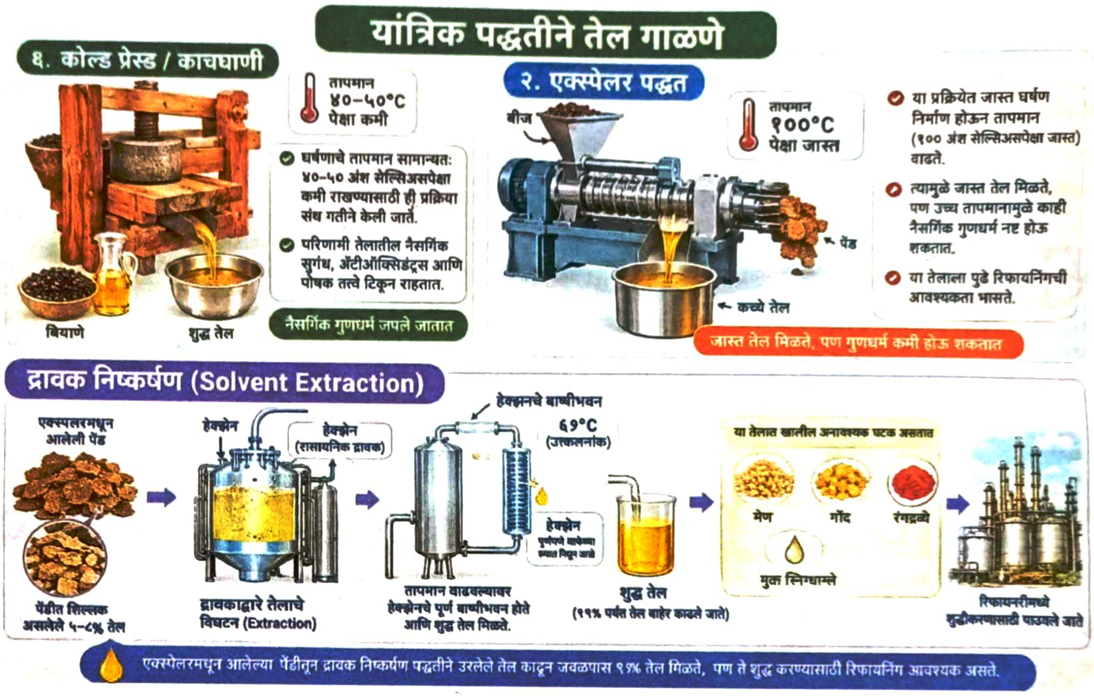
जाणून घेऊ खाद्यतेल निर्मितीचे तंत्रज्ञान

गणेश कहार, डॉ. व्ही. पी. कड,
प्रतीक्षा पुराणिक, डॉ. गणेश शेळके

गेल्या काही दशकांमध्ये आरोग्यविषयक जागरूकता वाढत असतानाच तेलाबाबत अनेक गैरसमज पसरत गेले आहेत. हे गैरसमज दूर करण्यासाठी आपण खाद्यतेलाचे मूलभूत विज्ञान व रसायनशास्त्र या लेखातून समजून घेऊ.



भाग १

भारतीय खाद्यसंस्कृती म्हणजे चवींचा आणि सुगंधांचा उत्सव. त्यात तेलतुपाचा वापरही सढळ हाताने होतो. खाद्यतेल हे केवळ एक स्वयंपाकाचे माध्यम नाही, तर ते आपल्या शरीरासाठी ऊर्जेचा एक स्रोत आहे. एक ग्रॅम तेल किंवा स्निग्ध पदार्थ (फॅट) जाळल्यावर आपल्याला सुमारे ९ किलोकॅलरी (kcal) ऊर्जा मिळते, ती एक ग्रॅम कर्बोदकांपेक्षा किंवा प्रथिनांपेक्षा दुप्पट आहे. सर्वांत महत्त्वाचे म्हणजे, तेल हे अत्यावश्यक स्निग्धाम्लांचा (Essential Fatty Acids - EFA) एकमेव स्रोत आहे. आपले शरीर ओमेगा-३ आणि ओमेगा-६ ही स्निग्धाम्ले स्वतः तयार करू शकत नाही. ती आपल्याला अन्नातूनच घ्यावी लागतात. अ, ड, इ आणि के ही चरबीत विरघळणारी जीवनसत्त्वे शरीराला मिळवून देण्यासाठी तेलाचे रेणू वाहकाचे काम करतात. पेशींच्या आवरणाची निर्मिती, मेंदूचा विकास, संप्रेरकांचे उत्पादन आणि शरीराचे तापमान नियंत्रित ठेवण्यासाठी स्निग्ध पदार्थ अत्यावश्यक आहेत.

खाद्यतेलाचे प्रकार

वनस्पती तेल व प्राणिजन्य चरबी

रासायनिकदृष्ट्या तेल आणि चरबी हे दोन्ही 'लिपिड्स' या गटात मोडतात. सामान्य तापमानामध्ये द्रवरूप असलेल्या लिपिड्सला सामान्यतः तेल म्हटले जाते, तर घनरूपात असलेल्या लिपिडला चरबी (Fat) म्हणतात. भारतात आपण प्रामुख्याने वनस्पतिजन्य तेले उदा. शेंगदाणा, मोहरी, सूर्यफूल तेल आणि प्राणिजन्य दुग्धआधारित स्निग्ध पदार्थांमध्ये लोणी किंवा तूप (Ghee) यांचा वापर केला जातो. या लेखात प्रामुख्याने वनस्पतिजन्य खाद्यतेलांवर विचार करणार असलो तरी तुपाचा संदर्भ आवश्यकतेनुसार तुलनेसाठी वापरणार आहोत.

स्निग्ध पदार्थांचे प्रकार (फॅट्सचे प्रकार)

आहारातील स्निग्ध पदार्थ हे मुख्यत्वे 'ट्रायग्लिसराइड्स' या स्वरूपात असतात. एक ट्रायग्लिसराइड रेणू म्हणजे तीन स्निग्धाम्लांची (Fatty Acids) साखळी ग्लिसरॉलच्या (Glycerol) च्या आधाराने जोडलेली असते. या स्निग्धाम्लांच्या साखळ्यांमधील रासायनिक बंधांवरून स्निग्ध पदार्थांचे चार प्रमुख गट पडतात.

स्निग्धाम्ले साखळी म्हणजे कार्बन (C) अणूंची एक लांब रांग. जर कार्बन अणू एकेरी बंधाने जोडले गेले असतील, तर ती साखळी 'संपृक्त' (Saturated) असते. जर एखादा दुहेरी बंध असेल, तर ती 'एकल असंपृक्त' (Monounsaturated - MUFA) असते, आणि जर अनेक दुहेरी बंध असतील, तर ती 'बहुअसंपृक्त' (Polyunsaturated - PUFA) असते. या सूक्ष्म रासायनिक फरकामुळेच तेलाचे गुणधर्म आणि आरोग्यावरील परिणाम आमूलाग्र बदलतात.

- **संपृक्त स्निग्धाम्ले (SFA):** यात कार्बन अणू एकेरी बंधाने जोडलेले असून, त्यात एकही दुहेरी बंध नसतो. ही साखळी सरळ आणि स्थिर असते. यामुळे हे पदार्थ सामान्य तापमानावर घन असतात. (उदा. नारळ तेल, पाम तेल, लोणी इ.)
- **एकल-असंपृक्त स्निग्धाम्ले (MUFA) :** यात कार्बन साखळीत एकच दुहेरी बंध असतो. ही तेले खोलीच्या तापमानावर द्रव असतात, पण थंडीत घट्ट होऊ शकतात. (उदा. ऑलिव्ह तेल, शेंगदाणा तेल, मोहरी तेल इ.). ही हृदयासाठी चांगली मानली जातात.
- **बहु-असंपृक्त स्निग्धाम्ले (PUFA) :** यात एकापेक्षा अधिक दुहेरी बंध असतात. ही तेले अतिशीत तापमानातही द्रव राहतात. (उदा. सूर्यफूल तेल, सोयाबीन तेल, तीळ तेल). ओमेगा-३ आणि ओमेगा-६ हे 'पुफा'चेच प्रकार आहेत.
- **परिवर्तित स्निग्धाम्ले (Trans Fatty Acids - TFA):** हे एक विशेष प्रकारचे असंपृक्त स्निग्धाम्ल आहे. निसर्गात हे अत्यल्प प्रमाणात आढळते, पण तेलावर प्रक्रिया करताना (उदा. वनस्पती तूप बनवताना) मोठ्या प्रमाणात तयार होते. हे हृदयासाठी घातक आहे.

खाद्यतेल उत्पादनामागील विज्ञान

भारत हा तेलबियांचा एक मोठा उत्पादक देश आहे. शेंगदाणा, मोहरी, सोयाबीन, करडई, जवस, एरंडी, नारळ, तीळ, पाम तेल यांची शेती होते. तेलबिया पिकाचे वाण, मातीची सुपीकता, पाऊस आणि हवामान यावर तेलाचे प्रमाण आणि गुणवत्ता अवलंबून असते. बियांतील तेल बाहेर काढण्यासाठी खाण्यापर्यंत अनेक तंत्रज्ञाने वापरली जातात. तेल उत्पादन ही एक टप्प्याटप्प्याने होणारी प्रक्रिया आहे.

यांत्रिक पद्धतीने तेल गाळणे

ही सर्वांत जुनी आणि नैसर्गिक पद्धत आहे. यात बियांवर दाब देऊन तेल बाहेर काढले जाते.

- **कोल्ड प्रेस्ड / काचघाणी :** या पद्धतीत बिया लाकडी किंवा दगडी घाणीत बारीक करून त्यातील तेल काढले जाते. घर्षणाने तापमान वाढण्याची शक्यता असते. हे घर्षणाचे तापमान सामान्यतः ४०-५० अंश सेल्सिअसपेक्षा कमी राखण्यासाठी ही प्रक्रिया संथ गतीने केली जाते. परिणामी तेलातील नैसर्गिक सुगंध, अँटीऑक्सिडंट्स आणि पोषक तत्त्वे टिकून राहतात. हे तेल गाळून लगेच वापरता येते. मात्र तेलाचे काही अंश पेंडीमध्ये शिल्लक राहतात. उत्पादन कमी मिळते.
- **एक्स्पेलर पद्धत :** या यांत्रिक पद्धतीत मोटरच्या साहाय्याने बियांवर प्रचंड दाब दिला जातो. या प्रक्रियेत जास्त घर्षण निर्माण होऊन तापमान (१०० अंश सेल्सिअसपेक्षा जास्त) वाढते. त्यामुळे जास्त तेल मिळते, पण उच्च तापमानामुळे काही नैसर्गिक गुणधर्म नष्ट होऊ शकतात. या तेलाला पुढे रिफायनिंगची आवश्यकता भासते.

द्रावक निष्कर्षण

एक्स्पेलरमधून आलेल्या पेंडीत अजूनही ५-८ टक्के तेल शिल्लक असते. हे तेल काढण्यासाठी 'हेक्झेन' नावाचे तेल विरघळवणारे रासायनिक द्रावक (Chemical Solvent) वापरले जाते. रासायनिक द्रावक म्हणून वापरल्या जाणाऱ्या हेक्झेनचा उत्कलनांक केवळ ६९ अंश सेल्सिअस असतो, तर तेलाचा खूप जास्त. त्यामुळे तेल ६९ अंशांपेक्षा जास्त तापमानावर गरम केले असता त्यातील हेक्झेनचे पूर्णपणे बाष्पीभवन होते आणि शुद्ध तेल मिळते. अशा प्रकारे पेंडीतून जवळपास सर्व (९९ टक्के) तेल बाहेर काढले जाते. हे तेल 'क्रूड ऑइल' म्हणजेच त्यात मेण, गोंद, रंगद्रव्ये, मुक्त स्निग्धाम्ले अशा अनेक अनावश्यक घटकयुक्त असतात. हे तेल थेट वापरता येत नाही. ते रिफायनरीमध्ये शुद्धीकरणासाठी पाठवले जाते.

शुद्धीकरण प्रक्रिया

क्रूड ऑइलमधील अशुद्धता दूर करून ते खाण्यायोग्य, स्वच्छ, गंधहीन आणि आकर्षक बनवण्याच्या शुद्धीकरण प्रक्रियेला इंग्रजीमध्ये 'रिफायनिंग' म्हणतात. हे चार प्रमुख टप्प्यांत होते.

- **विगमन :** या पहिल्या टप्प्यात तेलात पाणी किंवा आम्ल मिसळून गोंदासारखे (Phosphatides) चिकट पदार्थ वेगळे केले जातात. यामुळे तेल साठवताना खराब होत नाही.
- **निर्मलीकरण :** क्रूड तेलात नैसर्गिकरीत्या असलेल्या मुक्त स्निग्धाम्लांमुळे (FFA) तेल लवकर खराब होते आणि चव बदलते. यात कॉस्टिक सोडा (Sodium Hydroxide) मिसळून ही आम्ले साबणासारख्या पदार्थात रूपांतरित करून वेगळी केली जातात. या प्रक्रियेला 'अल्कली रिफायनिंग' म्हणतात.
- **विरंजन :** तेलातील नैसर्गिक रंगद्रव्ये (उदा. कॅरोटीनॉइड्स, क्लोरोफिल) काढून टाकण्यासाठी 'ब्लीचिंग क्ले' किंवा सक्रियित कार्बन (Activated Carbon) मिसळले जाते. ही माती रंगद्रव्ये शोषून घेते. नंतर ही माती गाळणी प्रक्रियेद्वारे वेगळी केली जाते. यामुळे तेल हलक्या रंगाचे व स्वच्छ दिसते.
- **गंधहरण :** ही सर्वांत महत्त्वाची आणि उच्च तंत्रज्ञानाची प्रक्रिया आहे. यात तेल अति उच्च तापमानाला (सामान्यतः २००-२६० अंश सेल्सिअस) निर्वात पोकळीत गरम केले जाते. यातून वाफ सोडून तेलातील सर्व संप्लवनशील गंध संयुगे आणि मुक्त स्निग्धाम्लांची बाष्पीभवन करून करून बाहेर काढले जातात. या टप्प्यावर तेल पूर्णपणे गंधहीन आणि सौम्य चवीचे बनते.
- **शितीकरण :** विशेषतः सूर्यफूल, तांदळाच्या कोंड्याचे तेलासाठी (Rice Bran Oil) ही प्रक्रिया केली जाते. यात तेल हळूहळू थंड करून त्यातील मेणाचे स्फटिकीकरण केले जाते. ते गाळून वेगळे काढले जाते. यामुळे हिवाळ्यात किंवा फ्रीजमध्ये ठेवल्यावर तेल आळत नाही किंवा घट्ट होत नाही.

- गणेश कहार (पीएच. डी. विद्यार्थी)
९५६१७७७२८२
प्रक्रिया आणि अन्न अभियांत्रिकी, डॉ. अण्णासाहेब शिंदे कृषी अभियांत्रिकी आणि तंत्रज्ञान महाविद्यालय, महात्मा फुले कृषी विद्यापीठ, राहुरी