मोमी मक्काः एक परिचय

संतोष कुमार[1], एस. बी. सिंह[1], नितीश रंजन प्रकाश[2], यतीश के. आर.[3], चिक्कप्पा जी. के[4], बी. एस. जाट[5], प्रदीप कुमार[5], अभिजीत कुमार दास[5], सुमित कुमार अग्रवाल[5] एवं प्रीति सिंह[6]

[1]क्षेत्रीय मक्का अनुसंधान व् बीज उत्पादन केंद्र (भाकृअनुप–भामअनुस), बेगूसराय, (बिहार) [2]भाकृअनुप– राष्ट्रीय कृषि अनुसंधान प्रबंध अकादमी, राजेंद्रनगर, हैदराबाद (तेलंगाना) [3]शीत पौधशाला केंद्र (भाकृअनुप–भामअनुस), हैदराबाद (तेलंगाना)

[4]दिल्ली इकाई कार्यालय. (भाकृअनुप–भामअनुस), नई दिल्ली [5]भाकृअनुप–भारतीय मक्का अनुसन्धान संस्थान, लुधियाना, (पंजाब)

[6]भाकृअनुप–केंद्रीय आलू अनुसंधान संस्थान, शिमला, हिमाचल प्रदेश

*संवादी लेखक का ई–मेलः saan503@gmail.com

भूमिका

मोमी मक्का (*Zea mays L.sinensis* K.), जिसे चिपचिपा मक्का, ग्लूटिनस कॉर्न या वैक्सी कॉर्न भी कहा जाता है, मक्का के नौ उप–प्रकारों में से एक है। मोमी मक्के की खोज सर्वप्रथम दक्षिण–पश्चिमी चीन में हुई और फिर दूसरे एशियाई देशों में इसका विस्तारण हुआ। मोमी मक्के के दाने को काटने के बाद एंडोस्पर्म चमकदार, धुंधला, अपारदर्शी और मोम जैसा दिखाई देता है, इसी कारण इसे मोमी मक्का कहा जाता है। हालांकि, इसमें कोई मोम नहीं होता है। मोमी मक्का के एंडोस्पर्म में एमाइलोपेक्टिन की काफी उच्च मात्रा (लगभग 100%) पायी जाती है और जिसके कारण इसमें उच्च चिपचिपाहट, आसान पाचन और उच्च प्रकाश पारगम्यता के साथ–साथ कई अन्य विशेषताएँ होती है जो इसे उत्कृष्ट बनाती है तथा ये उत्कृष्ट विशेषता मोमी मक्का को फ्रोजेन खाद्य प्रसंस्करण, कागज उद्योग, कपड़ा उद्योग, गोंद उद्योग और पशु खाद्य पदार्थ बनाने वाले उद्योगों में व्यापक रूप से उपयोग में लाये जाने के उपयुक्त बनाती है।

सन् 1909 में, कोलिन्स ने पहली बार मोमी मक्का का विवरण प्रकाशित किया। अमेरिकी पादप प्रजनकों ने लंबे समय तक विभिन्न मक्का प्रजनन कार्यक्रमों में मोमी मक्का के लिए उत्तरदायी वंशाणु की पहचान करने के लिए इसे एक आनुवंशिक चिन्हक के तौर पर इस्तेमाल किया। 1922 में, वेदरवैक ने पाया कि मोमी मक्के के स्टार्च 100% अमाइलोपेक्टिन से बने होते है तथा 1943 में, स्प्रेग ने पाया कि मोमी मक्के के स्टार्च में एमाईलोज अनुपस्थित होता है जबकि सामान्य मक्के की किस्मों में दोनों प्रकार के स्टार्च (एमाइलोपेक्टिन तथा एमाइलोज) पाए जाते हैं। हालाँकि, मोमी मक्का में आवश्यक अमीनो एसिड विशेष रूप से लाइसिन के मात्रा कम होने के कारण इसका पोषण मूल्य सामान्य मक्का की अपेक्षा कम होता है। आम तौर पर, मक्के में लाइसिन की मात्रा मानव और पशुधन पोषण की आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए 0.5% (>51 मिलीग्राम प्रति ग्राम प्रोटीन) से अधिक होनी चाहिए लेकिन मोमी मक्का में यह केवल 0.24–0.39% पाया जाता है। हालाँकि, लाइसिन की मात्रा को ओपेक–2 (o2) और ओपेक–2 संशोधक (o2m) वंशाणु के मोमी मक्के के इंब्रेड्स में अंतःक्षेपण एवं चिन्हक सहयोगित चयन के द्वारा बढ़ाया जा सकता है।

आनुवांशिकी

मोमी मक्का में मोमी गुण एक एकल अप्रभावी वॅक्सी वंशाणु (wx) द्वारा संहित होता है। मोमी मक्का में आनुवंशिक शोध सर्वप्रथम मोमी प्रकार के उत्परिवर्ती मक्के के संलक्षणीय तथा अन्य उत्परिवर्ती परिवर्तनों के साथ किया गया एवं 40 से अधिक उत्तरदायी उत्परिवर्ती युग्मकों को मोमी जीन अवस्थिति के लिए पहचाना गया। इनमें से कुछ मोमी उत्परिवर्ती काफी स्थायी हैं जबकि अन्य अस्थिर हैं। स्थिर उत्परिवर्ती का जीन प्रारूप अपरिवर्तित रहता है जबकि अस्थिर उत्परिवर्ती परिवर्तनशील तत्वों के अंतर्वेशन के कारण परिवर्तित होते रहते हैं। ये उत्परिवर्तन pre&mRN। में संबंधन त्रुटियों और प्रोटीन संश्लेषण के दौरान होने वाली त्रुटियों का कारण बनते हैं, ताकि प्रभावी वॅक्सी (Wx) वंशाणु सामान्य रूप से व्यक्त न हो। सर्वप्रथम, कॉलिन्स और केम्पटन ने मोमी अभिलक्षण के लिए उत्तरदायी एक एकल अप्रभावी वंशाणु (wx) को मक्के की नवीं गुणसूत्र की छोटी भुजा पर पहचान की। वॅक्सी (Wx) वंशाणु को पहली बार 1986 में प्रतिरूपित तथा अनुक्रमित किया गया था। सन् 1935 में, इमर्सनक और उनके सहयोगियों ने नवीं गुणसूत्र की लंबी भुजा पर गुणसूत्र बिंदु

से 59 सेंटी मॉर्गन दूर, वॅक्सी (Wx) वंशाणु को प्रतिचित्रित किया।

डीएनए अनुक्रमण के माध्यम से प्रभावी मोमी (Wx) वंशाणु–अवस्थिति की रांरचना निर्धारण के बाद यह पाया गया की इस वंशाणु में 3718 kb कोडिंग अनुक्रम (14 एक्सॉन और 13 इंट्रॉन) होते हैं। प्रारंभिक प्रकूट एक्जॉन–2 और विराम प्रकूट एक्सॉन–14 में स्थित है। वॅक्सी (Wx) वंशाणु ग्रेन्युल–बाउंड स्टार्च सिंथेज–I (GBSS&I) नामक किण्वक को कूटलेखित करता है, जो मक्के के भ्रूणपोष और पराग में एमाइलोज–संश्लेषण को निर्धारित करता है। पिछले अध्ययनों से पता चला है कि ट्रांसपोजेबल एलिमेंट्स (Ac/Ds और En/Spm), विलोपन उत्परिवर्तन और इथाइलमेथेन सल्फोनेट (ईएमएस) उत्परिवर्तन के कारण pre&mRNA में संबंधन और प्रोटीन संश्लेषण के दौरान त्रुटियां होती है, जिसके फलस्वरूप वॅक्सी (Wx) वंशाणु की सक्रियता में कमी आती है। अप्रभावी वंशाणु (wx1) उत्परिवर्ती की ग्रेन्युल–बाउंड स्टार्च सिंथेज–I (GBSS&I, एमाइलोज संश्लेषण के लिए उत्तरदायी) किण्वक की सक्रियता 5–95% तक कम होती है, जिसके कारण भ्रूणपोष और पराग में एमाइलोज की मात्रा काफी कम हो जाती है तथा एमाइलोपेक्टिन की मात्रा बढ़ जाती है।

झांग और उनके सहयोगियों ने सुझाव दिया कि उत्परिवर्तित (wx) वंशाणु की उपस्थिति के कारण अमाइलोज की मात्रा 0 और 5% के बीच होती है। उत्परिवर्तित (wx) वंशाणु की उपस्थिति के अलावा डल (कन) वंशाणु की उपस्थिति से एमाइलोज की मात्रा 5% और 15% के बीच होती है, और जबकि एमाइलोज एक्सटेंडर (म) वंशाणु की उपस्थिति में एमाइलोज की मात्रा 15% से अधिक हो जाती है। इसी वंशाणु का प्रभावी रूप (Wx) सामान्य मक्के के भ्रूणपोष में सामान्य स्टार्च बनाने के लिए उत्तरदायी होता है। जिसके कारण सामान्य मक्के (WxWx) में स्टार्च, अमाइलोज (25%) और एमाइलोपेक्टिन (75%) से बना होता है। उत्परिवर्तित मोमी वंशाणु (wx) सभी अन्य एमाइलोज और एमाइलोपेक्टिन के लिए ज्ञात वंशाणुओं जैसे कि डल (कन), शुगरी–1 (su1) और शुगरी–2 (su2) के साथ प्रबल वंशाणु के रूप में कार्य करता है। जैसे कि उदाहरण के लिए मोमी (wx) वंशाणु, शुगरी–1 (su1) वंशाणु कि मौजूदगी में शर्करा और जल घुलनशील पॉलीसेकेराइड (WSP) की मात्रा को बढ़ा देता है। मोमी (wx) वंशाणु भ्रूणपोष एवं नर युग्मकोद्भिद् (पराग) के साथ–साथ मादा युग्मकोद्भिद् में भी अभिव्यक्त होता है। स्टार्च और प्रोटीन का संचय मक्का के विकासशील भ्रूणपोष में होता है, जिसकी गुणवत्ता वॅक्सी–1 (Wx1) और ओपेक–2 (O2) वंशाणु की सक्रियता पर निर्भर करता है। मक्के के दाने में पाए जाने वाले अमीनो अम्ल की मात्रा और प्रकार (विशेष रूप से आवश्यक अमीनो अम्ल), पोषण गुणवत्ता का एक महत्वपूर्ण संकेतक है। आम तौर पर मनुष्यों को 51 मिलीग्राम लाइसिन प्रति ग्राम प्रोटीन की जरूरत होती है। इसके लिए मक्के के दाने में लाइसिन की मात्रा 0.5% से अधिक होनी चाहिए। पशुधन और कुक्कुटपालन के चारे में में 0.6–0.8% लाइसिन होना चाहिए। मोमी मक्का में उत्कृष्ट स्वाद, बनावट और अन्य विशेष गुण हैं, लेकिन इसका पोषण मूल्य अपेक्षाकृत कम है। चीन के युन्नान प्रांत में मोमी मक्का के 93 नमूनों के सर्वेक्षण में पाया गया कि उनमें 0.24–0.39% लाइसिन पायी जाती है। हालाँकि, ओपेक–2 (o2) और ओपेक–2 संशोधक (o2m) वंशाणुओं के मोमी मक्के के इंब्रेड्स में अंतःक्षेपण एवं चिन्हक सहयोगित चयन के द्वारा लाइसिन की मात्रा को बढ़ाया जा सकता है। औद्योगिक पैमाने पर मोमी मक्का के उत्पादन के लिए, सामान्य मक्के की तुलना में अतिरिक्त उपायों की आवश्यकता होती है। मोमी मक्का की नई किस्मों को सामान्य मक्के की किस्मों के साथ पार्श्व–संकरण विधि से प्रजनन करना अपेक्षाकृत आसान है, लेकिन उनकी उत्पादकता दंत मक्के की तुलना में लगभग 3 से 10% कम होती है। मोमी वंशाणु के अप्रभावी प्रकार के होने के कारण, पर–परागण को रोकने के लिए मोमी मक्का की बुवाई सामान्य मक्के से कम से कम 200 मीटर तक कि दुरी पर की जाती है।

जैव रासायनिकी

सामान्य मक्के में सामान्यतया 75% अमाइलोपेक्टिन और 25% अमाइलोज होता है जबकि मोमी मक्के में लगभग 100% अमाइलोपेक्टिन होती है। एमिलोपेक्टिन में शाखित–बंधन होता है जबकि एमाइलोज में सीधा–बंधन होता है। एमाइलोपेक्टिन में α-D-(1–4) और α-D-(1–6)–ग्लाइकोशैडीक बंधन की

श्रंखला होती है जो एक शाखा युक्त अणु का निर्माण करती है। एमाइलोज मुख्य रूप से α-D-(1–4)– बद्ध ग्लूकोज अवशेषों के साथ सीधी रेखा में बंधा होता है। मोमी मक्के में केवल एमाइलोपेक्टिन ही पाया जाता है। एमाइलोपेक्टिन ग्लाइकोसिडिक बंधन द्वारा एक साथ रखी गई लंबी शाखानुमा श्रृंखला मोनोसेकेराइड से बना होता है। इस संरचनात्मक जटिलता के कारण मानव शरीर में एमिलोपेक्टिन को ग्लूकोज में परिवर्तित करने मे अधिक समय लगता है, जिसके कारण शरीर को अधिक समय तक उर्जा की आपूर्ति होती है। वॅक्सी (Wx) वंशाणु एक विशिष्ट किण्वक, एनडीपी–ग्लूकोज–स्टार्च ग्लूकोसाइलट्रांसफेरेज का निर्माण करता है। यह विशिष्ट स्टार्च सिंथेज एंजाइम एमाइलोज के जैव–संश्लेषण के लिए जिम्मेदार है। वॅक्सी (Wx) वंशाणु विकासशील भ्रूणपोष में अमाइलोज संश्लेषण के लिए ग्लूकोज अवशेषों के बीच α-D-(1–4) संयोजन को उत्प्रेरित करता है। यह किण्वक एमाइलोप्लास्ट में स्थित होता है और मक्का में स्टार्च–बाउंड प्रोटीन का प्रमुख घटक है। वॅक्सी (wxwxwx) जीन प्रारूप वाले भरूणपोष के स्टार्च में बहुत कम स्टार्च–ग्रैन–बाउंड ग्लूकोसिपछेत्रीांसफेरेज गतिविधि होती है। एमाइलोज और एमाइलोपेक्टिन, आयोडीन के साथ अलग–अलग प्रतिक्रिया देते हैं। मक्का में सामान्यतया एमाइलोज आयोडीन मान (Iodine affinity) 19–20% तथा एमाइलोपेक्टिन आयोडीन मान 1% होता है। सामान्य मक्के की तुलना में मोमी मक्के की आर्द्र पिसाई अपेक्षाकृत आसान मानी जाती है, जो लगभग 100% अमाइलोपेक्टिन से बने स्टार्च की ज्यादा और अवशिष्ट प्रोटीन की कम उत्पादन देता है। मोमी स्टार्च के चिपकने का तापमान सामान्य मक्का की तुलना में लगभग 3°C (5°F) कम होता है। मोमी मक्के के स्टार्च और ग्लूटेन (0.18%–0.22% अवशिष्ट प्रोटीन) का पृथक्करण सामान्य मक्के की अपेक्षा आसान है लेकिन स्टार्च की उपज नियमित मक्के का केवल 90% होता है। अन्य प्रकार के कार्बोहाइड्रेट की तुलना में अमाइलोपेक्टिन का आणविक भार लगभग 100 गुना अधिक होता है। साथ ही इसके उच्च आणविक भार के कारण, एमाइलोपेक्टिन शरीर द्वारा धीरे–धीरे अवशोषित होता है। ये शरीर द्वारा ग्लाइकोजन में परिवर्तित हो जाते हैं जो मांसपेशियों को ऊर्जा प्रदान करते हैं। इसके कारण, मोमी मक्का शरीर के ग्लाइकोजन के स्तर को बहाल करने में मदद करता है।

उपयोग

एमिलोपेक्टिन या मोमी मक्का के स्टार्च से जिलेटिन बनाना सामान्य मक्का के अपेक्षाकृत आसान होता है। मोमी मक्के से चिपचिपा पेस्ट प्राप्त होता है जो आलू या कसावा द्वारा निर्मित स्टार्च के सामान ही होता है। मोमी मक्के द्व ारा प्राप्त स्टार्च में गाढ़ापन की प्रवृति ज्यादा होती है। इन विभिन्न गुणों के कारण मोमी मक्के का विभिन्न प्रकार से उपयोग किया जाता है।

खाद्य उत्पाद

एक शोध रिपोर्ट के अनुसार मोमी मक्का के लिए सामान्य मक्के की तुलना में पशुओं तथा मुर्गिओं में चारा रूपांतरण क्षगता ज्यादा होती है जिससे दुधारू गवेशियों के दुग्ध उत्पादन एवं माखन–वसा में वृद्धि होती है। अतः मोमी मक्के का उपयोग पशुधन, डेयरी और मुर्गी पालन के लिए चारा तैयार करने में भी किया जाता है।

मोमी मक्का के पौष्टिक और स्वादिष्ट होने के कारण इसे उबले हुए भुट्टे के रूप में, मक्के के केक या भुट्टे को सेक कर भी खाने के उपयोग में लाया जाता है। आर्द्र पिसाई के परिणामस्वरूप स्टार्च का उपयोग कई खाद्य उत्पादों में एक प्रगाढक और स्थिरक के रूप में किया जाता है। प्रसंस्कृत मोमी मक्के के स्टार्च का उपयोग विभिन्न खाद्य उत्पादों गें एकरूपता, स्थिरता और बनावट गें सांशोध ान के लिए किया जाता है। मोमी मक्के के स्टार्च की शुद्ध ता और चिपचिपाहट–स्थिरता इसे फलों के रस को गाढ़ा करने में विशेष रूप से उपयुक्त बनाती है। यह प्रसंस्कृत डिब्बाबंद भोजन और डेयरी उत्पादों की चिकनापन बढ़ाने के साथ–साथ जमे हुए खाद्य पदार्थों के पिघलन को रोकने में मदद करता है। मोमी मक्का का स्टार्च सूखने के बाद जल में अधिक घुलनशील होता है. इसीलिए इसके पेस्ट की स्थिरता और स्पष्टता के कारण इसका उपयोग माल्टोडेक्सट्रिन के उत्पादन के लिए भी किया जाता है। मोमी मक्के को ताजे हरे भुट्टे की रूप में भी खाया जाता है।

गोंद उद्योग

मोमी मक्का से निर्मित स्टार्च सामान्य मक्का के स्टार्च से आणविक संरचना एवं चिपचिपाहट की विशेषताओं दोनों में भिन्न होता है। मोमी स्टार्च से बने पेस्ट लंबे और सुसंगत होते हैं, जबकि नियमित मक्का स्टार्च से बने पेस्ट छोटे और भारी होते हैं। मोमी मक्का स्टार्च का उपयोग आमतौर पर लस्सेदार टेप और लिफाफा चिपकने के निर्माण के लिए किया जाता है।

खाद्य/ऊर्जा परिपूरक पाउडर उद्योग

मोमी मक्का स्टार्च के स्वादहीन होने के कारण इसे कार्बोहाइड्रेट पाउडर के भीतर उपयोग करना आसान है। इसे पेय पदार्थों और प्रोटीन युक्त खाद्य पदार्थों के साथ कार्बोहाइड्रेट पाउडर के रूप में त्वरित रूप से सीधे मांसपेशियों में अवशोषित करने के लिए मिलाया जा सकता है। मोमी मक्का का स्टार्च स्वास्थ्य के लिए फायदेमंद है क्योंकि यह प्रोटीन सप्लीमेंट्स में स्वादहीन और प्राकृतिक स्टार्च उत्पाद है। इसका उपयोग शरीर का वजन कम करने के लिए उपयोग किये जाने वाले कार्बोहाइड्रेट के बेहतर स्रोत के रूप में किया जा सकता है क्योकि यह माल्टोडेक्स्ट्रिन या डेक्सट्रोज की तुलना में कम रक्त परासरण दर और उच्च आणविक भार प्रदान करता है, जिसका अर्थ है कि यह आंतों द्वारा सीधे लगभग दोगुनी देरी से अवशोषित किया जा सकता है। कार्बोहाइड्रेट पाउडर के भीतर मोमी मक्का स्टार्च किसी भी अन्य स्टार्च की तुलना में तेजी से शरीर के भीतर ग्लाइकोजन स्टोर को जीर्णोद्धार करने में मदद करता है। व्यायाम तथा कसरत करने वाले लोगो के द्वारा लिए जाने वाले कार्बोहाइड्रेट पाउडर में मोमी मक्का स्टार्च प्रोटीनों के अवशोषण दर में नाटकीय रूप से मदद करता है। मोमी मक्का स्टार्च प्रोटीन को शरीर में पोषक तत्वों के साथ जल्दी से अवशोषित करने में मदद करता है ताकि मांसपेशियों की व्यायाम के बाद प्रोटीन का तुरंत इस्तेमाल करके ऊर्जा प्रदान किया जा सके। अतः व्यायाम के तुरंत बाद कार्बोहाइड्रेट की आपूर्ति करके मांसपेशियों की रिकवरी के लिए मोमी मक्का का स्टार्च उपयुक्त होता है।

मधुमेह पीड़ितों के लिए खाद्य परिपूरक

धीमी गति से सुपाच्य स्टार्च अधिक तेजी से सुपाच्य स्टार्च की तुलना में खाने के तुरंत बाद बढ़ने वाले प्लाज्मा ग्लूकोज की वृद्धि को रोककर तथा इंसुलिन सांद्रता में वृद्धि होने के कारण शरीर में लंबे समय तक ऊर्जा उपलब्धता बनाये रखता है तथा ग्लूकोज की मात्रा को नियंत्रित रखता है। अन्य प्रकार के कार्बोहाइड्रेट की तुलना में अमाइलोपेक्टिन का आणविक भार लगभग 100 गुना अधिक होता है। साथ ही इसके उच्च आणविक भार के कारण, एमाइलोपेक्टिन शरीर द्वारा अधिक धीरे–धीरे अवशोषित हो जाता है। ये शरीर द्वारा ग्लाइकोजन में परिवर्तित हो जाते हैं जो मांसपेशियों को ऊर्जा प्रदान करते हैं। इसके कारण, मोमी मक्का शरीर के ग्लाइकोजन के स्तर को बहाल करने में मदद करता है, ऊर्जा और धीरज को बढ़ाता है और मधुमेह के स्तर को नियंत्रित रखता है। जिसके कारण मोमी मक्का स्टार्च का उपयोग मधुमेह रोगियों के लिए खाद्य परिपूरक बनाने में किया जाता है।

उन्नत ऊर्जा के स्रोत

मोमी मक्का का सेवन एथलीटों में ऊर्जा के स्तर को बढाने में मदद करता है, एमिलोपैक्टिन का पाचन धीरे–धीरे होता है जिसके कारण यह आसान और प्रभावी भी होता है। एमाइलोपेक्टिन की ग्लाइकोसिडिक संरचनात्मक जटिलता के कारण, एमिलोपेक्टिन को ग्लूकोज बनाने के लिए शरीर में टूटने में अधिक समय लगता है जो शरीर को अधिक टिकाऊ ऊर्जा की आपूर्ति करती है। मोमी मक्के का स्टार्च लंबे समय तक चलने वाली ऊर्जा प्रदान करने के साथ, अधिक धीरे–धीरे पचने वाले कार्बोहाइड्रेट भी एक खिलाड़ियों के सहनशक्ति को बढ़ाने में मदद करते हैं जिससे उन्हें लंबे समय तक और प्रभावी ढंग से अभ्यास करने में मदद मिलती है।

हिन्दी देश की एकता की कड़ी है। – डॉ. जाकिर हुसैन