



मक्का: खाद्य एवम् पोषण सुरक्षा

भारत भूषण*, मनेश चंद्र डागला, अभिजीत कुमार दास, हरमनजोत कौर एवं धर्मपाल चौधरी

भाकृअनुप-भारतीय मक्का अनुसंधान संस्थान, पंकृवि परिसर, लुधियाना

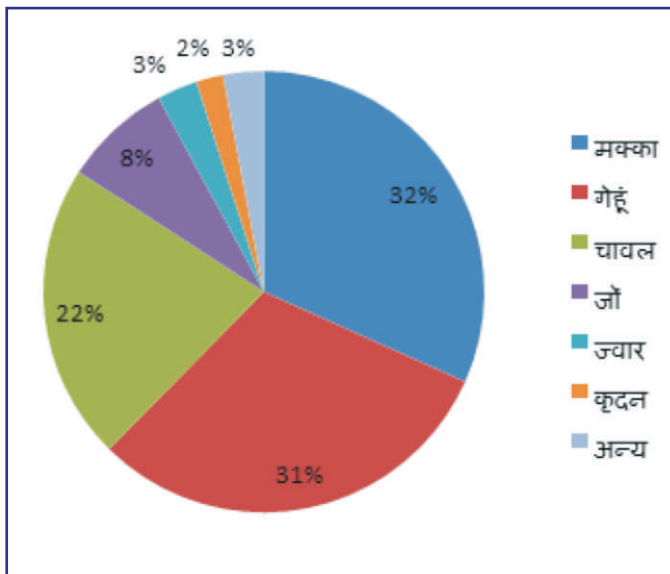
*संवादी लेखक का ई-मेल: bharat.bhushan@icar.gov.in

मक्का विश्व में चावल और गेहू के बाद तीसरी ऐसी फसल है जो एक बहुत बड़ी जनसंख्या का भरण पोषण करती है (चित्र 1)। विश्व का कुल मक्का उत्पादन 2018 के आंकड़े के अनुसार 1060 मिलियन टन है। इसकी विस्तृत वातावरण में अनुकूलता के कारण दुनिया भर में कुल 188 मिलियन हेक्टेयर में मक्का की खेती की जा रही है। मक्का का उत्पादन करने वाले मुख्य देश संयुक्त राज्य, चीन और ब्राजील है जो कुल उत्पादन का 31, 24 और 8 प्रतिशत भाग प्रदान करते हैं। मक्का की उत्पादन क्षमता पिछले दशक में 717 मिलियन मीट्रिक टन से 1060 मिलियन मीट्रिक टन हो गयी है जिसका श्रेय cimmyt और विश्व के अन्य मक्का आधारित अनुसंधान केन्द्रों को जाता है। भारत देश के मौसम में विविध पारिस्थितिकी के कारण इसके प्रमुख उत्पादक राज्यों में मक्का की उत्पादकता में बहुत अंतर है। रबी के मौसम में आन्ध्र-प्रदेश और महाराष्ट्र आगे रहते हैं जबकि खरीफ के मौसम में राजस्थान और तमिलनाडु। वर्तमान में भारत में मक्का की औसत उत्पादन क्षमता 2.5 टन प्रति हेक्टेयर है जिसे अगर दुगना कर दिया जाये तो अगले 100 वर्षों तक खाद्य सुरक्षा की समस्या हल हो सकती है। हाल में ही cimmyt और भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद् द्वारा आयोजित आयोजित एशियाई मक्का सम्मलेन लुधियाना में संपन्न हुआ, इस में भी इसी विषय पर ज़ोर दिया गया।

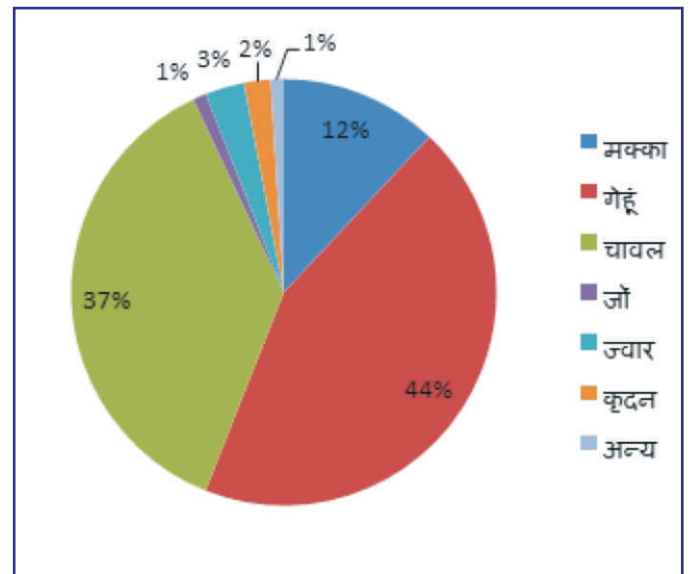
मक्का का सबसे ज्यादा उपयोग पाले गए मवेशियों और मुर्गों के खाने में होता है। भारत में मक्का या तो भुने हुए भुटे, उबले हुए स्वीट कॉर्न या बेबी कॉर्न की सब्जियां बनाने में होता है। विदेशों में मक्का हर प्रकार के खाने में प्रयोग होता है। मक्का का एक भुट्टा 123 कैलोरीज के अतिरिक्त 5 ग्राम प्रोटीन, 2 ग्राम वसा, 4 ग्राम फाइबर और 27 ग्राम कार्बोहाइड्रेट्स देता है। मक्का में विटामिन बी 1 की मात्रा 100 माइक्रोग्राम और बी 9 की मात्रा 19.5 मिलीग्राम होती है। खनिज पदार्थों में मैग्नीशियम 18.3 मिलीग्राम और फॉस्फोरस 47.2 मिलीग्राम मुख्यतः होते हैं। आइये हम देखते हैं कि मक्का में पाए जाने वाले पदार्थ पोषण की दृष्टि से हमारे लिए कितना महत्व रखते हैं।

स्टार्च

मक्का में पाई जाने वाली स्टार्च में अमाएलोस और अमइलोपेक्टिन का अनुपात 30:70 की होती है। यह अनुपात प्रजनन के विभिन्न आयामों एवं माध्यम से बदल सकती है। एक तरफ वैक्सी म्युटेंट जहां अमइलोपेक्टिन 100 प्रतिशत तक बढ़ाया गया है, दूसरी तरफ अमाएलोस एक्सटेंडर (ae) में अमाएलोस को 50-80 प्रतिशत तक बढ़ाया गया है। जीन wx से स्टार्च synthase (GBSS प्रकार) उत्प्रेरक बनता है। इस जीन में म्युटेशन होने से अमइलोपेक्टिन, शाखा वाला



चित्र 1: फसलों का उत्पादन प्रतिशत



चित्र 2: फसलों का उपभोग प्रतिशत



स्टार्च ही बनता है। वैकसी म्युटेंट में अमइलोपेक्टिन की मात्रा ज्यादा होने से यह जल्दी से टूट जाती है और शरीर में शुगर की मात्रा बढ़ जाती है। इससे जी.आई. (glycemic index) ज्यादा प्रदर्शित होता है। जीन ae से ब्रांचिंग उत्प्रेरक बनता है। इसे कम करके अमाएलोस को बढ़ा और अमइलोपेक्टिन को घटा सकते हैं। जैसे जैसे अमाएलोस की मात्रा बढ़ेगी, resistant स्टार्च का रूप सामने आएगा जो जल्दी से पचती नहीं है। यही प्रतिरोधी स्टार्च (resistant starch) अपच्युय फाइबर का ही एक प्रकार है। एक शोध से यह सामने आया है कि 39% अमाएलोस से 0.8% प्रतिरोधी स्टार्च और 83% अमाएलोस से 39% प्रतिरोधी स्टार्च उत्पन्न हुई।

सुगरी (su) जीन डी-ब्रांचिंग उत्प्रेरक को बनाता है। इसकी म्युटेशन होने से स्टार्च कम और sucrose ज्यादा हो जाती है जिससे मीठी मक्का हो जाती है। हालांकि कुछ विपरीत प्रतिवेदन भी लिखी गयी हैं। सुगरी (su) और shrunken (sh) म्युटेंट में स्टार्च की स्फटिकता (crystallinity) कम होती है जबकि वैकसी म्युटेंट में स्टार्च की स्फटिकता ज्यादा होती है। ओपेक म्युटेंट 2 जिसमें भ्रूणपोष के प्रोटीन संरचना बदलने से जेन की मात्रा कम हो जाती है, उसका प्रभाव भी स्टार्च पर पड़ता है। इसमें नर्म स्टार्च की मात्रा बढ़ती है जिस से उसकी पाचनशीलता बढ़ जाती है। एक ग्राम मक्का स्टार्च से 4 कैलोरी मिलती है।

अमाएलोस की मात्रा कम होने से स्टार्च के दाने कम तेजी से बनते हैं। भ्रूणपोष (endosperm) में ये दाने ढीले ढाले रूप में पैक होते हैं। भ्रूणपोष की स्टार्च दानों की पैकिंग के अनुसार होनी और फ्लौरी प्रकार उत्पन्न होती है। फ्लॉट मक्का में होनी भ्रूणपोष और dented मक्का में फ्लौरी भ्रूणपोष का भाग ज्यादा होता है। इसी के अनुसार मक्का के दाने कठोर और नर्म होते हैं। फ्लॉट मक्का को पॉपकॉर्न बनाने में और dented मक्का को आटा के तौर पर प्रयोग होता है।

प्रोटीन

मक्का में पाए जाने वाले प्रोटीन चार प्रकार के हैं। albumin और globulin जो पानी और नमकीन पानी में घुलनशील हैं, जर्म में मिलते हैं। प्रोलामिन और ग्लुटेलिन भ्रूणपोष (endosperm) में मिलते हैं। जर्म में एल्ब्यूमिन की मात्रा 60% तक मिलती है जिसके कारण पोषण की दृष्टि से यह बहुत अच्छा माना जाता है। पुराने तरीकों में जर्म का आकार बढ़ाने की सिफारिश की जाती थी जिससे प्रोटीन की मात्रा और गुणवत्ता में सुधार आ सकता था। मक्का में पाया जाने वाला जेन अल्फा प्रोटीन प्रोलामिन का प्रकार है और इसकी मात्रा 40-60 % तक बदलती रहती है। यह 55 प्रतिशत इसोप्रोपनोल या एथेनॉल में घुलनशील है। इस

प्रकार के प्रोटीन अपरिपक्व मक्का में कम होती है। जैसे जैसे मक्का पकती है, उसी प्रकार अल्कोहल में घुलने वाला यह प्रोटीन बढ़ता है। अल्कोहल में घुलनशील होने के कारण मक्की के प्रोटीन से होने वाले शरीर निर्माण में कम प्रगति होती है। जेन 1 की कुल मात्रा 42 प्रतिशत जबकि जेन 2 की कुल मात्रा 10 प्रतिशत होती है। ग्लुटेलिन 2 की मात्रा 7 प्रतिशत और ग्लुटेलिन 3 की मात्रा 18% होती है। ग्लुटेलिन 2 को क्षारीय pH पर (>9) 0.6% बीटा-मेरकप्टो एथेनॉल (β -ME) में और ग्लुटेलिन 3 को उसी pH पर 0.5% सोडियम डोडेसयाल सलफेट (SDS) की मदद से निष्कर्षण किया जाता है। बीटा-मेरकप्टो एथेनॉल और सोडियम डोडेसयाल सलफेट का प्रयोग सल्फर बंध को तोड़ने के लिय किया जाता है ताकि ये अलग हो कर घुल जाए। एक तरफ जहां एल्ब्यूमिन, ग्लोब्युलिन और ग्लुटेलिन में लाएसिन और ट्रिपटोफेन की मात्रा ज्यादा है, वहीं दूसरी तरफ प्रोलामिन में इनकी मात्रा कम है। प्रोलामिन से तुलना करने पर यह देखा गया कि ग्लुटेलिन्स में 18% ज्यादा ट्रिपटोफेन और लाएसिन होता है।

opaque म्युटेंट में जेन की मात्रा कम होती है जिससे प्रोटीन के दुसरे अंश बड़े हुए दिखाए देते हैं और आवश्यक एमिनो एसिड्स की मात्रा भी। opaque म्युटेंट में प्रोटीन की मात्रा तो उतनी ही रहती है पर लाएसिन की मात्रा 2.6 से 4.0% प्रति ग्राम प्रोटीन तक बढ़ जाती है। opaque मक्का में लिउसीन (leucine) की मात्रा 30% कम होती है। द्वि-अप्रभावी opaque और floury म्युटेंट में जेन प्रकार के प्रोटीन कम हो जाते हैं। वैज्ञानिकों ने अद्भुत कार्य करते हुए opaque 11 की श्रेणी में 7455 और 7749 को विकसित किया है जिसमें tryptophan और lysine बढ़ने के साथ साथ प्रोलामिन भी बना रहता है।

प्रोटीन गुणवत्ता के माप पर भी मक्का अन्य दूसरी फसलो से कहीं आगे है। casein को आधार रखते हुए मक्का की opaque 2 और क्यूपीएँम प्रोटीन गुणवत्ता 82-96% तक चली जाती है। एक ग्राम प्रोटीन से 4 कैलोरी मिलती है। शोध से यह भी ज्ञात हुआ है कि 250 ग्राम साधारण मक्का के मुकाबले में 175 ग्राम opaque 2 मक्का से नाइट्रोजन की आवश्यकता पूरी हो जाती है।

opaque 2 को क्यूपीएँम में बदलने के लिय मल्टीप्ल o2 न्यूनाधिक (modulator) जीन डाले गए ताकि इसका दाना रोगों से सुरक्षित और प्रसंस्करण के लिये अच्छा हो। opaque 2 की तरह फ्लौरी 2 (fl2) म्युटेंट भी शरीर में एमिनो एसिड का संतुलन बनाने में सहायक है। गुनारत्ना और सह वैज्ञानिकों के शोध से यह पाया की 12 वर्ष से कम उम्र के कुपोषण पीड़ित बच्चों को क्यूपीएँम मक्का खिलाने से 12% कद और 9% वजन में बढ़ोतरी हो जाती है।





	सामान्य मक्का	क्यूपीएम मक्का	आवश्यकता 2 से 5 वर्ष की के बच्चों (मिलीग्राम/किलोग्राम/प्रतिदिन)
लाईसिन (%)	1.6-2.6 (2)	2.7-4.5 (4)	35-64
ट्रीपटोफेन (%)	0.2-0.5 (0.4)	0.5-1.1 (0.8)	4.8-9.5
लयूसिन (%)	14.76	9.19	44-54
आइसोलयूसिन (%)	4.13	3.63	22-27

स्त्रोत: क्रीवानेक और सहयोगी 2007; विश्व स्वास्थ्य संगठन की तकनीकी प्रतिवेदन संख्या 935, पृष्ठ 180

क्यूपीएम मक्का में प्रोलामिन की मात्रा कुल प्रोटीन से आधी होती है यानी की 25-30%। साथ में ग्लुटेलिन की मात्रा बढ़ जाती है। ध्यान देने वाली बात यह भी है कि आइसोलयूसिन की मात्रा बढ़ने से लयूसिन और आइसोलयूसिन का संतुलन हो जाता है जो नियासिन (विटामिन बी3) की प्राप्ति को संरक्षित करता है। ट्रीपटोफेन से ही विटामिन बी3 बनता है। कुल मिला कर यह पॅलाग्रा से बचाता है। प्रोटीन से मिलने वाली ऊर्जा भी क्यूपीएम में (9.6%), opaque में (8.3%) और साधारण मक्का में (4.7%) बदलती होती है। opaque 2 और क्यूपीएम मक्का के खनिज और वसा में ज्यादा अंतर नहीं मिलता है। अलग अलग देशों में क्यूपीएम मक्का अलग नाम से जानी जाती है जैसे चीन में tuxpeno102, वियेतनाम में population63, ग्वाटेमाला में nutricia और घाना में obatanpa। RNAi के माध्यम से α -जेन के सबसेट 19 और 22 को खत्म किया है जिस से क्यूपीएम मक्का बनाए जाने में मदद मिली है (वू और मेस्सिंग, 2012)।

तेल द्रव्य और फैटी एसिड्स

अनाज की श्रेणी में मक्का का भ्रूण सबसे बड़ा होता है जो कि कुल बीज का 11% होता है। अगर भ्रूण का आकार बढ़ा दी तो तेल द्रव्य की मात्रा 40% तक बढ़ जाएगी। भ्रूण का 33% भाग वसा होती है और इस वसा में पाया जाने वाला संतृप्त वसा की मात्रा कम होती है जैसे की palmitic 11% और stearic 2% जबकि असंतृप्त वसा जैसे oleic एसिड की मात्रा 25 और लिनोलिक की मात्रा 62% तक होती है। विभिन्न अन्तप्रजात (inbred lines) और विभिन्न वातावरण में यह मात्रा बदलती रहती है। यह विशेषता chromosome के कई ठिकानों पर निर्धारित होती (QTL) है और पैतृक भाव में प्रकट होती है (heritable)। प्राकृतिक एंटीऑक्सीडेंट जैसे विटामिन ई, ubiquinone

व असंतृप्त वसीय अम्लों की वजह से मक्का का तेल आक्सीकरण से बचा रहता है। भ्रूण में पाए जाने प्रोटीन भण्डारण के लिए नहीं होती है अपितु इसमें उत्प्रेरक होते हैं। अमेरिका और यूरोप में सेहत के मद्देनजर मक्का तेल को अच्छा मान कर उसका खाने में उपयोग हो रहा है। एक ग्राम तेल से 9 कैलोरी मिलती है। मक्का के तेल से बायोडीजल बना कर वाहनों में उपयोग हो रहा है। इसके अतिरिक्त साबुन, सुगन्धित तेल, रेसिन, वार्निश, लुब्रिकेंट जैसे पदार्थों को बनाने में इसको प्रयोग हो रहा है।

फाइबर

मक्का का सबसे ज्यादा फाइबर वाला भाग दाने का टिप कैप और पेरिकार्प है। इसके बाद जर्म और भ्रूणपोष की कोशिका भित्ति का नाम आता है। मक्का में पाए जाने वाला फाइबर मुख्यता हेमी-सेल्युलोज (75%), सेल्युलोज (25%) और लीगनिन (1%) का बना होता है। भ्रूणपोष में पाया जाने वाला फाइबर दो तिहाई भाग से स्टार्च ही होता है। मक्का के दानों में 2-3% और पुरे भुट्टे में 9-15% फाइबर होता है। सिनेमा में मिलने वाला 112 ग्राम का पॉपकॉर्न के पैकेट से 16 ग्राम फाइबर मिलता है। इस से पुरुषों की 42 और महिलाओं की 64% फाइबर की मांग पूरी हो जाती है। इसी कारण यह अच्छे से पच जाता है। मक्का में पाया जाने वाला फाइबर भी आंत स्वास्थ्य के लिए अच्छा है।

फेनोलिक एसिड्स और carotene

मक्का के दानों में एंटीऑक्सीडेंट की शक्ति रखने वाले फेनोलिक एसिड प्रचुर मात्रा में मिलते हैं। इनकी मात्रा 260-1756 मिलीग्राम गैलिक एसिड समकक्ष प्रति 100 ग्राम नमूना है। मक्का में कुल कैरोटीनोएड 66 माइक्रोग्राम और बीटा कैरोटीन की मात्रा 13



माइक्रोग्राम है। रंगीन मक्का में न केवल फेनोलिक एसिड बल्कि कैरोटीनोएड की मात्रा भी बढ़ जाती है। ये दोनों जैव रसायन प्रतिकारक क्षमता को बढ़ाते हैं। क्यूपीएम मक्का में कैरोटीनोएड की प्राप्ति अच्छे से हो जाती है जिस से यह हमें सूखी आँख के रोग से बचाता है। साधारण मक्का में प्रो-विटामिन की मात्रा 0.25 से 2.5 माइक्रोग्राम/ग्राम सूखे वजन माप पर मिलती है। वैज्ञानिकों इसे 6 गुना बढ़ाना चाहते हैं। उनका यह लक्ष्य प्रो-विटामिन पर हुए शोध से प्रेरित है। क्यूटीअल तकनीक से जींस को ढूँढा गया जिसमें lycopene-बीटा cyclase टी-lycopne को बीटा carotene में और lycopene-epsilon cyclase टी-lycopne को अल्फा carotene में बदलने की क्षमता थी।



चित्र: रंगों द्वारा दर्शायी गयी मक्का की जैव विविधता
भारत में अलग-अलग रंगों की मक्का मिलती है। सर्व से यह ज्ञात हुआ की उपभोक्ता को रंगीन मक्का पसंद तो है पर उसे भुट्टे पर दाने एक ही रंग के पसंद है। महान वैज्ञानिक बारबरा ने transposon या जम्पिंग जीन का concept दिया था। अभी उन्हीं transposon को खोजा जा रहा है और मनचाहे रंग की मक्का प्राप्त करने की कोशिश जारी है।

आधुनिक जैव तकनीकों से भ्रूणपोष में कैरोटेनोइड्स की मात्रा 34 गुना बढ़ा दी गयी जब गामा जेन प्रमोटर की मदद से crt-a/I जीन की अभिव्यक्ति को बढ़ाया गया। अल्फा carotene से मिलने वाले जैन्थोफिल जैसे जीनोजैन्थोफिल और lutein भ्रूणपोष में और बीटा carotene से मिलने वाले जैन्थोफिल जैसे जेयाजेन्थीन और cryptoxanthin जर्म में बहुतायत में मिलते हैं। बीटा-carotene (60 µg), विटामिन सी (110 µg) और फोलिक एसिड (1.94 µg) को 169, 6 और 2 गुना तक बढ़ा दिया गया जब इनके जीन phytoene synthase, dhar और फोल-इ को बाजरे और गेहूँ के प्रमोटर लगा कर इनकी अभिव्यक्ति बढ़ी।

बीटा carotene 60 माइक्रोग्राम, lycopene 23 और जेयाजेन्थीन 36 माइक्रोग्राम प्रति ग्राम सूखा दाना हो गया।

मक्का के जैव रसायनों को लेकर की गयी उपरोक्त विवेचना से यह निष्कर्ष निकलता है कि मक्का ने केवल गरीब जनता के लिए अपितु कमजोर और कुपोषण वर्ग के लिए वरदान है। एक तरफ जहाँ मक्का आधारित उद्योग बढ़ रहे हैं, दूसरी ओर मक्का स्वास्थ्य सुधारने में अग्रसर है। मक्का फसल को ज्यादा उगाने से न केवल दूसरी फसलो पर निर्भरता कम होगी अपितु पोषण और जल संसाधन को भी सुरक्षित रखा जा सकेगा। मक्का का स्वाद भी लाजवाब है और छोटे बच्चे इसे बहुत खुश हो कर खाते हैं। खाद्य प्रसंस्करण में मक्का थोड़ा पीछे रह जाती है क्योंकि मक्का के दानों की पैकेजिंग इसे ज्यादा दिनों तक ताजा नहीं रख पाती। मक्का की उत्पादन क्षमता भी दूसरी फसलों के मुकाबले में कम आंकी जाती है। अगर इसे 25-50% बढ़ा दिया जाए तो खाद्य सुरक्षा समस्या हल हो जाएगी।

देश की समृद्धि का रास्ता गांवों के खेतों एवं
खलिहानों से होकर गुजरता है
-चौ. चरण सिंह



बाकी सब कुछ इंतजार कर सकता है,
कृषि नहीं कर सकती
- पंडित जवाहर लाल नेहरू



अगर फार्म इकोलॉजी एवं इकोनॉमिक्स
गलत हो जाते हैं,
तो कृषि में कुछ भी सही नहीं होगा
- एम.एस. स्वामीनाथन



हमारे किसान हमारे देश का गौरव है
- नरेंद्र मोदी

