Journal Homepage: - www.journalijar.com

INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI: 10.21474/IJAR01/23153
DOI URL: http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/23153

RESEARCH ARTICLE

बाजरा आधारित रेडी-टू-ईट उत्पादों के लिए ट्विन स्क्रू एक्सट्रूडर संचालन मापदंडों का अनुकूलन तथा पोषणीय तुलना अध्ययन

डॉ. दीक्षा

1. सहायक प्रोफेसर, महाराणा प्रताप महिला महाविद्यालय, मंडी डबवाली, हरियाणा.

Manuscript Info

Manuscript History
Received: 12 March 2026
Final Accepted: 15 April 2026
Published: May 2026

Key words:-
बाजरा, रेडी-टू-ईट उत्पाद, ट्विन स्क्रू एक्सट्रूडर, जल अवशोषण सूचकांक, जल घुलनशीलता सूचकांक, संवेदी मूल्यांकन, पोषणीय विश्लेषण

Abstract

इस अध्ययन का उद्देश्य बाजरा आधारित रेडी-टू-ईट (RTE) एक्सट्रूडेड उत्पादों के उत्पादन हेतु ट्विन स्क्रू एक्सट्रूडर के संचालन मापदंडों का अनुकूलन करना तथा इन उत्पादों की पारंपरिक बाजरा आधारित खाद्य पदार्थों के साथ पोषणीय तुलना करना था। अध्ययन में विभिन्न बाजरा–मक्का ग्रिट संयोजनों (50:50, 60:40, 70:30) का उपयोग किया गया तथा तीन स्तरों के बैरल तापमान (100°C, 110°C, 120°C) और स्क्रू गति (350, 400, 450 rpm) पर फैक्टोरियल डिज़ाइन के अंतर्गत परीक्षण किया गया। उत्पादों के भौतिक गुणों जैसे विस्तार अनुपात, जल अवशोषण सूचकांक (WAI), जल घुलनशीलता सूचकांक (WSI), वास्तविक घनत्व एवं थोक घनत्व का विश्लेषण किया गया। परिणामों से पता चला कि अधिकतम विस्तार अनुपात (3.949) 100°C तापमान और 450 rpm स्क्रू गति पर प्राप्त हुआ। संवेदी मूल्यांकन के आधार पर 50:50 (बाजरा:मक्का) संयोजन को सर्वाधिक स्वीकार्य पाया गया। पोषणीय तुलना के लिए पारंपरिक रागी खाद्य पदार्थ (रागी मुड्डे, रागी रोटी) तथा एक व्यावसायिक RTE रागी उत्पाद का विश्लेषण किया गया। परिणामों से स्पष्ट हुआ कि RTE उत्पादों में प्रोटीन, कैल्शियम, वसा एवं कार्बोहाइड्रेट की मात्रा अधिक थी, जबकि आयरन की मात्रा रागी रोटी में सर्वाधिक पाई गई। यह अध्ययन दर्शाता है कि उपयुक्त एक्सट्रूज़न मापदंडों के चयन द्वारा उच्च गुणवत्ता वाले बाजरा आधारित RTE उत्पाद विकसित किए जा सकते हैं, जो पोषणीय दृष्टि से भी प्रतिस्पर्धी हैं।

"© 2026 by the Author(s). Published by IJAR under CC BY 4.0. Unrestricted use allowed with credit to the author."

Corresponding Author:- डॉ. दीक्षा
Address:-सहायक प्रोफेसर, महाराणा प्रताप महिला महाविद्यालय, मंडी डबवाली, हरियाणा.

Introduction:-

भारत में बाजरा एक पारंपरिक एवं पोषण-संपन्न अनाज है, जिसे प्राचीन काल से विभिन्न खाद्य रूपों में उपयोग किया जाता रहा है। इसमें उच्च मात्रा में फाइबर, खनिज (विशेषकर कैल्शियम एवं आयरन), तथा आवश्यक अमीनो अम्ल पाए जाते हैं। वर्तमान समय में बदलती जीवनशैली, शहरीकरण और व्यस्त दिनचर्या के कारण रेडी-टू-ईट (RTE) खाद्य पदार्थों की मांग में तेजी से वृद्धि हुई है। हालांकि, पारंपरिक रूप से यह धारणा रही है कि प्रसंस्कृत खाद्य पदार्थ पोषण की दृष्टि से कमतर होते हैं, लेकिन आधुनिक खाद्य प्रौद्योगिकी, विशेष रूप से एक्सट्रूज़न तकनीक, इस धारणा को बदल रही है। ट्विन स्क्रू एक्सट्रूडर एक उन्नत तकनीक है जो उच्च तापमान और कम समय में खाद्य पदार्थों को प्रसंस्कृत कर उनकी संरचना, बनावट और पाचनशीलता को सुधारती है। बाजरा आधारित RTE उत्पादों के विकास में सबसे बड़ी चुनौती है—उपयुक्त प्रसंस्करण मापदंडों का चयन, जिससे उत्पाद की बनावट, विस्तार, कुरकुरापन और स्वाद संतुलित रहे। इसके साथ ही, यह भी आवश्यक है कि प्रसंस्करण के दौरान पोषणीय गुणवत्ता में कमी न आए।

इस अध्ययन के दो मुख्य उद्देश्य हैं:

1. ट्विन स्क्रू एक्सट्रूडर के संचालन मापदंडों का अनुकूलन करना
2. RTE बाजरा उत्पादों की पारंपरिक बाजरा खाद्य पदार्थों के साथ पोषणीय तुलना करना

Methodology:-

1. कच्चे माल एवं फॉर्मुलेशन:-

बाजरा और मक्का के तीन अनुपातों में मिश्रण तैयार किया गया:

- BC1: 50% बाजरा + 50% मक्का
- BC2: 60% बाजरा + 40% मक्का
- BC3: 70% बाजरा + 30% मक्का

सभी नमूनों में नमी स्तर 18% रखा गया।

2. एक्सट्रूज़न प्रक्रिया:-

ट्विन स्क्रू एक्सट्रूडर का उपयोग करते हुए निम्न मापदंडों पर प्रयोग किए गए:

- बैरल तापमान: 100°C, 110°C, 120°C
- स्क्रू गति: 350, 400, 450 rpm

फैक्टोरियल डिज़ाइन के अंतर्गत सभी संयोजनों का परीक्षण किया गया।

3. भौतिक गुणों का विश्लेषण:-

निम्न गुणों का मूल्यांकन किया गया:

- विस्तार अनुपात
- जल अवशोषण सूचकांक (WAI)
- जल घुलनशीलता सूचकांक (WSI)
- वास्तविक घनत्व
- थोक घनत्व

4. संवेदी मूल्यांकन:-

उत्पादों का मूल्यांकन निम्न मापदंडों पर किया गया:

- रंग
- बनावट
- स्वाद
- कुरकुरापन
- समग्र स्वीकार्यता

5. पोषणीय विश्लेषण:-

तीन खाद्य नमूनों का परीक्षण किया गया:

- रागी मुड्डे
- रागी रोटी
- RTE रागी उत्पाद

इनमें निम्न पोषक तत्वों का विश्लेषण किया गया:

- आयरन
- कैल्शियम
- प्रोटीन
- वसा
- कार्बोहाइड्रेट

6. सांख्यिकीय विश्लेषण:-

डेटा का विश्लेषण ANOVA एवं T-test द्वारा SPSS सॉफ्टवेयर में किया गया।

Result and Discussion:-

बाजरा आधारित रेडी-टू-ईट उत्पादों के लिए ट्विन स्क्रू एक्सट्रूडर संचालन मापदंडों का अनुकूलन: ट्विन स्क्रू एक्सट्रूडर के संचालन मापदंडों, मुख्यतः बैरल तापमान और स्क्रू गति, को विभिन्न सर्वोत्तम चयनित बाजरा मक्का आधारित एक्सट्रूडेड उत्पादों के लिए अनुकूलित किया गया। पहले से निर्धारित बाजरा मक्का ग्रिट संयोजनों से एक्सट्रूडेड उत्पाद तैयार करने के लिए फैक्टोरियल डिज़ाइन में तीन बैरल तापमान और तीन स्क्रू गति का चयन किया गया। एक्सट्रूडेड उत्पादों के भौतिक गुणों जैसे विस्तार अनुपात जल अवशोषण सूचकांक जल घुलनशीलता सूचकांक वास्तविक घनत्व थोक घनत्व का विश्लेषण किया गया। एक्सट्रूडेड उत्पादों की विशेषताओं (विशेषकर उच्च विस्तार अनुपात के आधार पर उपयुक्त स्क्रू गति और बैरल तापमान का चयन किया गया।

विस्तार अनुपात: एक्सट्रूडेट के व्यास और डाई के व्यास के अनुपात का उपयोग एक्सट्रूडेट के विस्तार की मात्रा को व्यक्त करने के लिए किया गया। एक्सट्रूडेट का व्यास वर्नियर कैलिपर की सहायता से लिए गए यादृच्छिक मापों के औसत के रूप में निर्धारित किया गया। इसके बाद एक्सट्रूडेट के विस्तार अनुपात की गणना तालिका 2 के अनुसार की गई।

विस्तार अनुपात ¾ एक्सट्रूडेट व्यास

---------- × 100

डाई व्यास

जल अवशोषण सूचकांक और जल घुलनशीलता सूचकांक: जल अवशोषण सूचकांकऔर जल घुलनशीलता सूचकांक निर्धारण एंडरसन द्वारा वर्णित विधि के अनुसार किया गया। निकाले गए पफ्स को 200&250 माइक्रोन के औसत कण आकार तक पीसा गया। लगभग 25 ग्राम नमूने को 25 मिलीलीटर आसुत जल में घोला गया तथा किसी भी गांठ को तोड़ने के लिए कांच की छड़ का उपयोग किया गया। नमूने को 30 मिनट तक हिलाया गया। इसके बाद घोल को 32.5 ग्राम क्षमता वाली एक तारयुक्त सेंट्रीफ्यूज ट्यूब में डाला गया और 4000rpmपर 15 मिनट तक सेंट्रीफ्यूज किया गया। ठोस पदार्थ की मात्रा निर्धारित करने के लिए सतह पर तैरने वाले पदार्थ को छान लिया गया और तलछट का वजन किया गया। इसके बाद WAI और WSI की गणना निम्न प्रकार से की गई।

जल अवशोषण सूचकांक ¾ गीले तलछट का वजन (ग्राम

लिए गए शुष्क ठोस पदार्थों का प्रारंभिक भार (ग्राम)

जल में घुलनशीलता = सतह पर तैरने वाले पदार्थ में घुले ठोस पदार्थ का भार (ग्राम)

× 100

शुष्क ठोस का भार (ग्राम)

वास्तविक घनत्व: एक्सट्रूडेड बाजरा–मक्का आधारित उत्पादों का वास्तविक घनत्व मानक विधि के अनुसार निर्धारित किया गया। इसके लिए एक्सट्रूडेट के ज्ञात भार (1 ग्राम) को पाउडर में परिवर्तित किया गया और पिसे हुए नमूने को टोल्यून युक्त ब्यूरेट में डाला गया। ब्यूरेट के आयतन में हुई वृद्धि को नमूने के वास्तविक आयतन के रूप में दर्ज किया गया। इसके बाद वास्तविक घनत्व की गणना निम्न प्रकार से की गई।

वास्तविक घनत्व ¾ एक्सट्रूडेट के ग्राउंड नमूने का वजन

विस्थापित द्रव स्तर में वृद्धि

व्यक्तिगत एक्सट्रूडेट घनत्व: 25 एक्सट्रूडेट्स का औसत नमूना व्यास (d) और लंबाई (L) वर्नियर कैलिपर (अल्पतम माप 0.02 मिमी) की सहायता से निर्धारित किया गया, यह मानते हुए कि एक्सट्रूडेट बेलन (सिलेंडर) के आकार के हैं। प्रत्येक नमूने का आयतन ($\pi d^2L/4$) के रूप में गणना किया गया। प्रत्येक एक्सट्रूडेट के द्रव्यमान को मापकर, प्रत्येक का थोक घनत्व नीचे दए गए सूत्र के अनुसार निर्धारित किया गया। 25 रीडिंग्स का औसत थोक घनत्व के रूप में दर्ज किया गया।

थोक घनत्व ¾ एक्सट्रूडेट्स का द्रव्यमान

एक्सट्रूडेट्स का आयतन

बाजरा आधारित एक्सट्रूडेड उत्पादों की संवेदी विशेषताएँ

रंग: बाजरा आधारित एक्सट्रूडेट्स के रंग के लिए औसत संवेदी स्कोर 7.42 से 7.74 के बीच पाया गया, जबकि नियंत्रण नमूने का स्कोर 8.46 था। मिश्रण और नियंत्रण से प्राप्त उत्पादों के बीच कोई महत्वपूर्ण अंतर नहीं पाया गया। नियंत्रण नमूने के लिए उच्चतम रंग स्कोर दर्ज किया गया इसके बाद BC1 और BC2 (तालिका: 3) का स्थान रहा।

बनावट: बाजरा आधारित एक्सट्रूडेट्स का औसत बनावट स्कोर 7.24 से 8.04 के बीच था। तैयार मिश्रण और नियंत्रण उत्पादों के बीच कोई महत्वपूर्ण अंतर नहीं पाया गया। हालांकि, उच्चतम स्कोर नियंत्रण (8.40) द्वारा प्राप्त किया गया, जबकि सबसे कम स्कोर BC3 फॉर्मुलेशन के उत्पाद के लिए था।जहां तक बनावट का प्रश्न है, BC1, BC2 और BC3 के उत्पाद नियंत्रण के समान थे (तालिका: 3)।

स्वादिष्टत: बाजरा आधारित एक्सट्रूडेट्स के स्वाद के लिए संवेदी स्कोर 7.16 से 7.72 के बीच पाया गया, जो नियंत्रण नमूने के स्वाद स्कोर के समान था। सर्वोच्च स्कोर वाणिज्यिक उत्पाद (8.54) द्वारा प्राप्त किया गया, इसके बाद BC1 का स्थान रहा।

स्वाद: औसत संवेदी स्वाद स्कोर 6.96 से 8.02 के बीच था। उच्चतम स्कोर BC1 और BC2 फॉर्मुलेशन के उत्पादों के लिए दर्ज किया गया, जो नियंत्रण के समान थे (तालिका: 3)। बाजरा आधारित एक्सट्रूडेट्स और नियंत्रण के बीच कोई महत्वपूर्ण अंतर नहीं पाया गया।

कुरकुराप: कुरकुरेपन के संदर्भ में, बाजरा आधारित उत्पादों और नियंत्रण के बीच महत्वपूर्ण अंतर पाया गया। विकसित उत्पादों का औसत संवेदी स्कोर 6.88 से 7.78 के बीच था। उच्चतम स्कोर नियंत्रण (8.28) के लिए दर्ज किया गया, जबकि BC1 और BC2 के उत्पाद इसके लगभग समान थे (तालिका: 3)।

समग्र स्वीकार्यता: बाजरा आधारित एक्सट्रूडेट्स का औसत संवेदी स्कोर 6.92 से 7.96 (तालिका: 3) के बीच पाया गया। समग्र स्वीकार्यता के लिए सर्वोच्च स्कोर 8.41 नियंत्रण नमूने के लिए दर्ज किया गया। 7.96 के स्वीकार्यता स्कोर के साथ, BC1 फॉर्मुलेशन का उत्पाद वाणिज्यिक नियंत्रण उत्पाद के बराबर माना गया।

संवेदी मूल्यांकन के माध्यम से सर्वोत्तम उत्पाद का चयन: बाजरा आधारित रेडी-टू-ईट एक्सट्रूडेड उत्पादों के संवेदी मूल्यांकन से यह पाया गया कि (प्लेट 2), बाजरा–मक्का ग्रिट संयोजन (तालिका: 3) में बाजरा का स्वाद थोड़ा कड़वा होने के कारण संतुलित संयोजन

सबसे उपयुक्त रहा। आगे के अध्ययन के लिए निम्नलिखित मापदंड चुने गए:

- स्क्रू गति: 350, 400 और 450 rpm
- बैरल तापमान: 100°C, 110°C और 120°C

इन परिस्थितियों में तैयार उत्पादों का भौतिक गुणों के लिए विश्लेषण किया गया, जैसे:

- विस्तार अनुपात
- जल घुलनशीलता सूचकांक
- जल अवशोषण सूचकांक
- वास्तविक घनत्व
- थोक घनत्व

विस्तार अनुपात पर प्रभाव: बाजरा–मक्का आधारित एक्सट्रूडेड उत्पादों के विस्तार अनुपात पर ट्विन स्क्रू एक्सट्रूडर के संचालन मापदंडों, अर्थात बैरल तापमान और स्क्रू गति, का प्रभाव देखा गया (चित्र: 3)। यह पाया गया कि 400 rpm (S2) की स्क्रू गति पर,

उत्पादों का विस्तार अनुपात विशेष रूप से 100°C (T1) बैरल तापमान पर अधिक था। हालांकि, 120°C (T3) बैरल तापमान और 450 rpm (S3) की उच्च स्क्रू गति पर भी अच्छे विस्तार वाले उत्पाद (विस्तार अनुपात 3.675) प्राप्त किए जा सकते हैं।

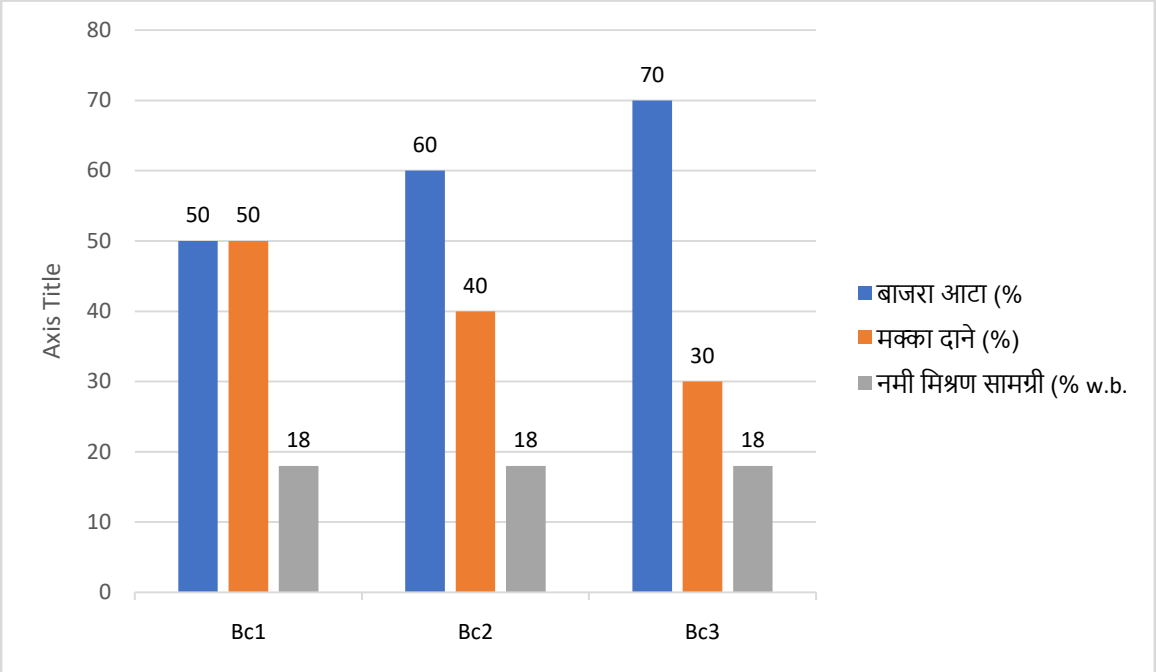
प्रायोगिक परीक्षणों के आधार पर यह स्पष्ट हुआ कि अधिकतम विस्तार अनुपात 3.949 तब प्राप्त किया जा सकता है जब:

- बैरल तापमान: 100°C (T1)60
- स्क्रू गति: 450 rpm (S3)

इसी प्रकार के परिणाम भट्टाचार्य एवं हन्ना (1987) द्वारा एक्सट्रूडेड उत्पादों के लिए रिपोर्ट किए गए थे।

तालिका 1: बाजरा–मक्का आधारित विभिन्न फॉर्मुलेश

कोड	बाजरा आटा (%)	मक्का दाने (%)	नमी मिश्रण सामग्री (% w.b.
Bc1	50	50	18
Bc2	60	40	18
Bc3	70	30	18

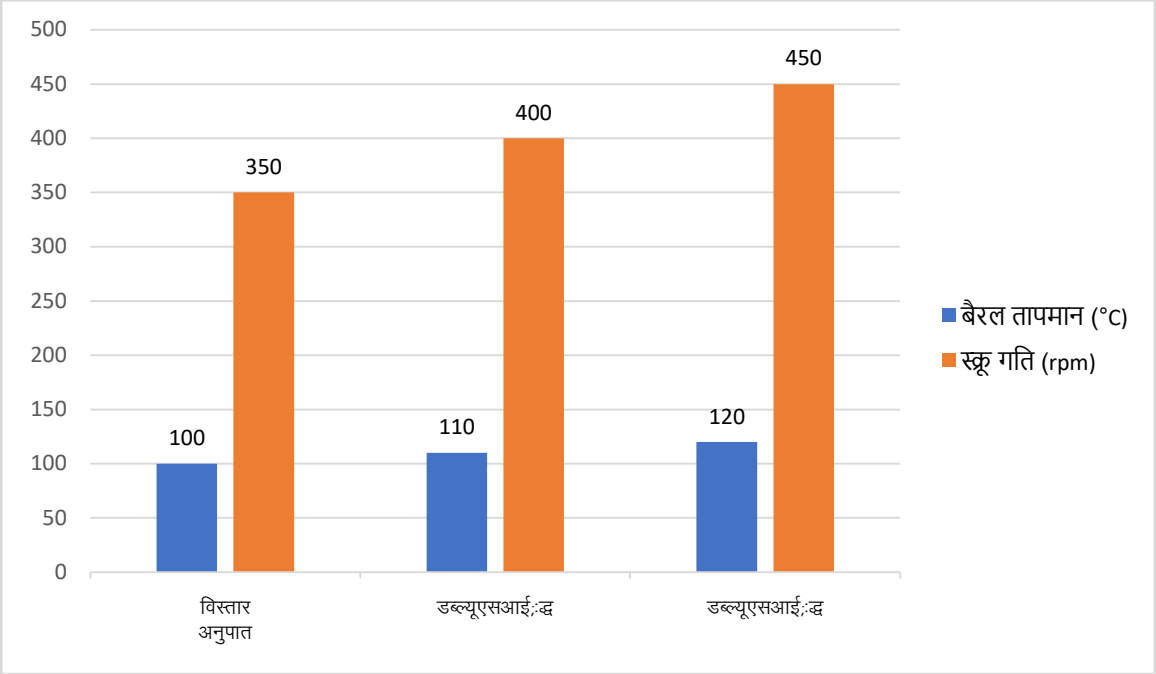


लेखाचित्र 1 बाजरा–मक्का आधारित विभिन्न फॉर्मुलेश

तालिका 2: बाजरा आधारित रेडी-टू-ईट उत्पादों के लिए ट्विन स्क्रू एक्सट्रूडर संचालन मापदंड

चयनितफॉर्मुलेशन: बाजरा 50% : मक्का 50%

बैरल तापमान (°C)	स्क्रू गति (rpm)
100	350
110	400
120	450



लेखाचित्र 2 बाजरा आधारित रेडी-टू-ईट उत्पादों के लिए ट्विन स्क्रू एक्सट्रूडर संचालन मापदंड

तालिका 3: बाजरा आधारित रेडी-टू-ईट एक्सट्रूडेड उत्पादों का औसत संवेदी स्कोर

फॉर्मुलेशन	रंग	बनावट	स्वादिष्टता	स्वाद	कुरकुरापन	समग्र स्वीकार्यता
Bc1	7.74	8.04	7.72	8.02	7.78	7.96
Bc2	7.44	7.66	7.44	7.36	7.50	7.34
Bc3	7.42	7.24	7.16	6.96	6.88	6.92
नियंत्रण	8.46	8.40	8.54	8.54	8.28	8.41
G.M. (औसत)	7.76	7.83	7.68	7.68	7.99	7.66
F-परीक्षण	NS	NS	NS	*	*	**

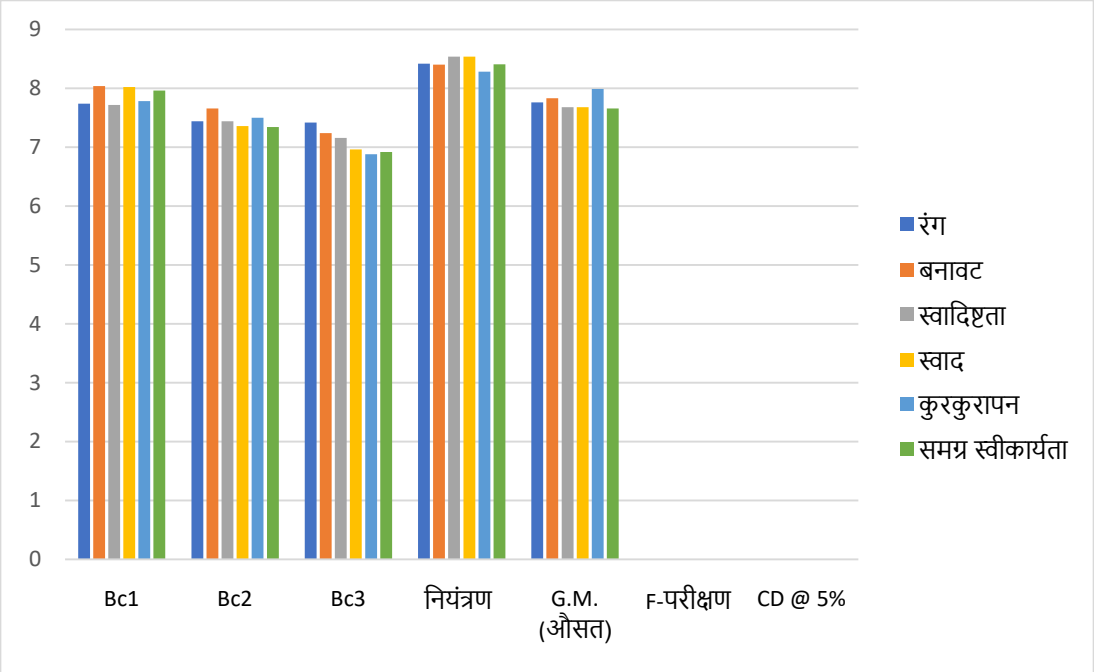
CD @ 5%	-	-	-	0.97	0.78	0.86
SE(m) ±±	0.28	0.28	0.32	0.32	0.26	0.28

फॉर्मुलेशन विवरण:

- BC1 = बाजरा (50%) + मक्का (50%)
- BC2 = बाजरा (60%) + मक्का (40%)
- BC3 = बाजरा (70%) + मक्का (30%)

संकेत (Notation):

- NS = गैर महत्वपूर्ण
- * = 5% स्तर पर महत्वपूर्ण
- ** = अत्यधिक महत्वपूर्ण



लेखाचित्र 3 बाजरा आधारित रेडी-टू-ईट एक्सट्रूडेड उत्पादों का औसत संवेदी स्कोर

जल अवशोषण सूचकांक: बाजरा आधारित उत्पादों का जल अवशोषण सूचकांक 5.420 से 9.445 के बीच पाया गया। WAI का अधिकतम मान T2S1 संयोजन में तथा न्यूनतम मान T3S2 संयोजन में दर्ज किया गया। इसी प्रकार के परिणाम विलियम्स (1977) द्वारा भी रिपोर्ट किए गए थे। यह अध्ययन कम जल अवशोषण सूचकांक वाले उत्पादों के विकास पर केंद्रित था, जिसमें वर्तमान अध्ययन सफल रहा। इससे उत्पाद में अधिक वायु कोशिकाओं के संरक्षण में सहायता मिलती है, जो कि वांछनीय एक्सट्रूडेड उत्पादों की विशेषता है।

भारतीय बाजार में बाजरा आधारित RTE (रेडी-टू-ईट) और RTC (रेडी-टू-कुक) खाद्य उत्पादों का विकास:-

स्वास्थ्य के प्रति बढ़ती जागरूकता और जीवनशैली में बदलाव के साथ-साथ स्वास्थ्यवर्धक भोजन से जुड़े लाभों के प्रति जागरूकता ने हाल के वर्षों में स्वस्थ भोजन के उपभोग के प्रति उपभोक्ता व्यवहार में महत्वपूर्ण परिवर्तन लाए हैं। भारत में स्वास्थ्य और स्वास्थ्यवर्धक खाद्य उत्पादों का एक बड़ा बाजार विकसित हो रहा है। यह एक विशाल बाजार भी है, जिसका आकार वर्ष 2013 में 435 अरब रुपये था और यह लगभग 13.8 प्रतिशत की वार्षिक वृद्धि दर से तेजी से बढ़ रहा है। भारत सहित एशिया-प्रशांत क्षेत्र में स्वास्थ्य और स्वास्थ्यवर्धक खाद्य पदार्थों की बढ़ती मांग इस क्षेत्र में उभरते मध्यम वर्ग के उपभोक्ताओं से जुड़ी हुई है। हाल ही में जारी FICCI–PwC रिपोर्ट के अनुसार, भारत में स्वास्थ्यवर्धक उत्पादों के उपभोक्ता मुख्य रूप से बढ़ती आय स्तर वाली युवा आबादी हैं।

स्वस्थ जीवनशैली विकल्पों में बढ़ती रुचि ने बाजरा, जैविक खाद्य पदार्थों और अन्य उत्पादों के पोषण संबंधी लाभों के प्रति जागरूकता और साहित्य को काफी बढ़ाया है। बढ़ती स्वास्थ्य जागरूकता, स्वास्थ्य देखभाल पर खर्च में वृद्धि और मोटापे में बढ़ोतरी ने स्वस्थ खाद्य पदार्थों की मांग को और बढ़ाया है। रेडी-टू-ईट (RTE) उत्पाद खरीदते समय उपभोक्ताओं के लिए एक महत्वपूर्ण कारक सुविधा है, जो धीरे-धीरे आहार पोषण की जगह ले रहा है। बताया गया है कि अधिकांश पुरुष और महिलाएं RTE उत्पाद खरीदते समय फाइबर, विटामिन और चीनी की मात्रा जैसे पोषण संबंधी कारकों पर ध्यान देते हैं। महिलाएं विशेष रूप से चीनी और वसा की मात्रा को लेकर अधिक चिंतित रहती हैं, जबकि पुरुष विटामिन की मात्रा पर अधिक ध्यान देते हैं। स्वस्थ भोजन की इस प्रवृत्ति को भुनाने के लिए खाद्य निर्माण कंपनियां बाजरा आधारित प्रसंस्कृत खाद्यपदार्थों और फोर्टिफाइड (पोषक तत्वों से समृद्ध) खाद्य पदार्थों के रूप में "स्वस्थ भोजन" के विकल्प प्रस्तुत कर रही हैं। अब तक, प्रसंस्कृत खाद्य पदार्थों को कभी भी स्वास्थ्यवर्धक नहीं माना जाता था, बल्कि विशेष रूप से भारत में प्रसंस्करण के दौरान संरक्षकों और रसायनों के उपयोग के कारण इन्हें पोषण की कमी वाला और संभवतः हानिकारक समझा जाता था। हालांकि, रेडी-टू-ईट (RTE) और रेडी-टू-कुक (RTC) खाद्य उत्पादों के निर्माताओं ने आकर्षक विज्ञापन, पैकेजिंग और अतिरिक्त पोषक तत्वों के दावों के माध्यम से पैकेज्ड खाद्य पदार्थों के प्रति इन धारणाओं को बदलने में काफी सफलता हासिल की है।ऐतिहासिक रूप से, भारतीय उपभोक्ताओं ने प्रसंस्कृत और पैकेज्ड भोजन की तुलना में ताजा और बिना प्रसंस्कृत भोजन को अधिक प्राथमिकता दी है। लेकिन हाल के उपभोग पैटर्न में बदलाव, विशेष रूप से मध्यम और उच्च आय वर्गों में, देश में प्रसंस्कृत और पैकेज्ड खाद्य क्षेत्र के लिए पर्याप्त अवसर पैदा कर रहे हैं। वर्ष 2000 से 2014 के दौरान, ताजा खाद्य बाजार की तुलना में पैकेज्ड खाद्य बाजार तेज गति से बढ़ा है, जहां ताजा खाद्य बाजार लगभग 5% की दर से बढ़ा, वहीं पैकेज्ड खाद्य बाजार लगभग 7% वार्षिक दर से बढ़ा। दोहरी आय वाले परिवारों में वृद्धि, जीवनशैली में बदलाव, समय की कमी, संगठित खुदरा बिक्री का विस्तार और वैश्वीकरण के प्रभाव के कारण पैकेज्ड खाद्य पदार्थों की स्वीकृति धीरे-धीरे बढ़ी है।

भारतीय पैकेज्ड फूड उद्योग का आकार लगभग 15 अरब डॉलर आंका गया है, जो लगभग 15–20% वार्षिक वृद्धि दर (CAGR) से बढ़ रहा है और वर्ष 2015 तक इसके 30 अरब डॉलर तक पहुंचने की संभावना जताई गई थी।रेडी-टू-ईट (RTE) और रेडी-टू-कुक (RTC) खाद्य पदार्थ पूरे भारत में सभी आकार के खाद्य भंडारों की अलमारियों को भर रहे हैं। आज, ये RTE और RTC उत्पाद बच्चों के खाद्य पदार्थों से लेकर वयस्कों के खाद्य पदार्थों तक, जिनमें स्वास्थ्यवर्धक और मधुमेह से संबंधित खाद्य पदार्थ भी शामिल हैं, सभी श्रेणियों में उपलब्ध हैं। इनमें बाजरा आधारित और अतिरिक्त पोषक तत्वों से समृद्ध स्वास्थ्यवर्धक विकल्प भी शामिल हैं। बाजरा के पोषण संबंधी लाभों और अन्य खाद्यान्नों के साथ इसकी तुलना पर पहले से ही काफी शोध किया जा चुका है। लेकिन, FMCG निर्माताओं के दावों के बावजूद कि उपभोक्ता RTE खाद्य पदार्थों के माध्यम से बाजरा के समान पोषण लाभ प्राप्त कर सकते हैं, जैसा कि सीधे बाजरा के सेवन से मिलता है, इस बात का तुलनात्मक विश्लेषण आवश्यक है इसलिए, RTE खाद्य पदार्थों और पारंपरिक रूप से पकाए गए बाजरा खाद्य पदार्थों की पोषण सामग्री की तुलना करना जरूरी है, ताकि यह समझा जा सके कि प्रसंस्करण विधियों के कारण पोषण मूल्य में कोई महत्वपूर्ण अंतर आता है या नहीं।इस अध्ययन का उद्देश्य प्रसंस्कृत बाजरा आधारित खाद्य पदार्थों और

पारंपरिक बाजरा आधारित खाद्य पदार्थों के पोषण संबंधी लाभों की तुलना करना है। साथ ही, यह भी समझना है कि उपभोक्ता इन दोनों प्रकार के खाद्य पदार्थों के स्वास्थ्य लाभों को कैसे देखते हैं।

फिंगर मिलेट या रागी, जैसा कि इसे स्थानीय रूप से कहा जाता है, एक प्रकार का बाजरा है जिसे इस अध्ययन के लिए चुना गया है। फिंगर मिलेट का सेवन सामान्यतः आटा आधारित खाद्य पदार्थों जैसे:-

- रोटी (बिना खमीर की पैनकेक जैसी)
- मड्डे (गाढ़ा दलिया/पकौड़ी जैसा)
- अंबली (पतला दलिया)

के रूप में किया जाता है, और इन सभी खाद्य पदार्थों की अपनी-अपनी विशेषताएँ होती हैं।

फिंगर मिलेट तथा फिंगर मिलेट आधारित रेडी-टू-ईट नाश्ता अनाज से तैयार दो अलग-अलग प्रकार के पारंपरिक खाद्य पदार्थों को आयरन, कैल्शियम, वसा, प्रोटीन और कार्बोहाइड्रेट के पोषण स्तर के परीक्षण के लिए चुना गया। चुने गए पारंपरिक खाद्य पदार्थ थे:

- रागी मड्डे (फिंगर मिलेट पकौड़ी)
- रागी रोटी (फिंगर मिलेट से बनी बिना खमीर की फ्लैट ब्रेड)

जबकि RTE भोजन के रूप में एक व्यावसायिक रूप से उपलब्ध फिंगर मिलेट आधारित नाश्ता अनाज (सीरियल) लिया गया। रागी मड्डे कर्नाटक और आंध्र प्रदेश राज्यों में व्यापक रूप से खाया जाने वाला मुख्य भोजन है। इसे रागी के आटे और पानी का पतला घोल बनाकर आग पर पकाया जाता है। इसे लकड़ी के चम्मच से लगातार हिलाया जाता है जब तक मिश्रण गाढ़ा न हो जाए और गेंद जैसी स्थिरता प्राप्त न कर ले। इसके बाद इसे अलग-अलग गोलियों में बांटकर गर्म-गर्म खाया जाता है। रागी रोटी कर्नाटक, आंध्र प्रदेश और तमिलनाडु राज्यों में एक लोकप्रिय व्यंजन है। इसे रागी के आटे, नमक और पानी से आटा बनाकर तैयार किया जाता है। फिर आटे को हाथ से दबाकर चपटा गोल आकार दिया जाता है और तवे पर पकाया जाता है। RTE नाश्ता अनाज एक व्यावसायिक उत्पाद है, जिसे कर्नाटक स्थित एक कंपनी द्वारा निर्मित और बेचा जाता है। इसमें रागी आधारित चॉकलेट फ्लेवर वाले पैकेट शामिल होते हैं, जो विभिन्न स्वाद वाली क्रीम जैसे वनीला, चॉकलेट, स्ट्रॉबेरी, आम आदि से भरे होते हैं। यह उन शुरुआती उत्पादों में से एक था जिसने भारतीय बाजार में रागी आधारित प्रसंस्कृत खाद्य पदार्थों को प्रस्तुत किया।

1.पोषक तत्वों के स्तर का परीक्षण :-

पोषक तत्वों के स्तर का मूल्यांकन करने के लिए दो पारंपरिक व्यंजन — रागी मुड्डे और रागी रोटी — तैयार किए गए। इनके समान वजन के नमूने लिए गए और उन्हें एक व्यावसायिक खाद्य प्रयोगशाला में भेजा गया। साथ ही, रागी आधारित रेडी-टू-ईट (RTE) भोजन (Soulfull Choco Fills) की समान मात्रा का भी परीक्षण किया गया। इन सभी नमूनों में आयरन, कैल्शियम, प्रोटीन, कार्बोहाइड्रेट और वसा की मात्रा का विश्लेषण किया गया। इसके बाद, प्रत्येक नमूने में पोषक तत्वों के स्तर में अंतर को समझने के लिए प्रयोगशाला से प्राप्त परिणामों की तुलना की गई।

2. उपभोक्ता धारणा का अध्ययन:-

पारंपरिक रूप से पकाए गए बाजरा आधारित भोजन और रेडी-टू-ईट (RTE) बाजरा आधारित भोजन के पोषण मूल्य के प्रति उपभोक्ताओं की धारणा जानने के लिए स्वयंसेवकों की भर्ती की गई।

- कुल 384 स्वयंसेवकों ने सर्वे में भाग लिया
- इनमें 286 पुरुष और 98 महिलाएं शामिल थीं

- प्रतिभागियों की आयु 18 से 50 वर्ष के बीच थी
- इनमें छात्र और संकाय सदस्य दोनों शामिल थे

प्रत्येक स्वयंसेवक को स्वाद परीक्षण के लिए तीन प्रकार के खाद्य पदार्थ दिए गए:

- रागी मुड्डे
- रागी रोटी
- Soulfull Choco Fills

उनकी प्रतिक्रियाएं एक प्रश्नावली के माध्यम से एकत्र की गईं। इसके बाद T-test और ANOVA जैसी सांख्यिकीय विधियों का उपयोग करते हुए SPSS सॉफ्टवेयर में डेटा का विश्लेषण किया गया।

3. नमूनाकरण तकनीक:-

इस अध्ययन में सुविधा नमूनाकरण (Convenience Sampling) तकनीक का उपयोग किया गया।

- एक शहर की जनसंख्या का प्रतिनिधित्व करने के लिए
- 384 उत्तरदाताओं का चयन सुविधा के आधार पर किया गया

उत्तरदाताओं को:

- प्रसंस्कृत बाजरा आधारित खाद्य पदार्थ
- और पारंपरिक रूप से पकाए गए बाजरा खाद्य पदार्थ

दिए गए, और उनकी प्रतिक्रियाएं प्रश्नावली के माध्यम से दर्ज की गईं।

परिणाम:

I- प्रयोगशाला परीक्षण:-

1- 10 ग्राम नमूने में मौजूद आयरन की मात्रा:-

- रागी मुड्डे – 2 मिलीग्राम
- रागी रोटी – 6 मिलीग्राम
- रेडी-टू-ईट (RTE) रागी अनाज – 4 मिलीग्राम

प्रयोगशाला परीक्षण के परिणाम बताते हैं कि तीनों नमूनों में आयरन की मात्रा अलग-अलग है। रागी रोटी में आयरन की मात्रा सबसे अधिक (6 मिलीग्राम) पाई गई। इसके बाद RTE रागी अनाज में 4 मिलीग्राम आयरन पाया गया, जबकि रागी मुड्डे में सबसे कम 2 मिलीग्राम आयरन पाया गया।

2- 10 ग्राम नमूने में मौजूद कैल्शियम की मात्रा:-

- रागी मुड्डे – 100 मिलीग्राम
- रागी रोटी – 190 मिलीग्राम
- रेडी-टू-ईट (RTE) रागी अनाज – 210 मिलीग्राम

परिणामों से पता चलता है कि RTE रागी अनाज में कैल्शियम की मात्रा सबसे अधिक (210 मिलीग्राम) है। इसके बाद रागी रोटी में 190 मिलीग्राम कैल्शियम पाया गया, जबकि रागी मुड्डे में सबसे कम 100 मिलीग्राम कैल्शियम पाया गया।

3- 10 ग्राम नमूने में मौजूद प्रोटीन की मात्रा:-

- रागी मुड्डे – 34.4 मिलीग्राम
- रागी रोटी – 53.3 मिलीग्राम
- रेडी-टू-ईट (RTE) रागी अनाज – 70.2 मिलीग्राम

परिणामों से स्पष्ट है कि RTE रागी अनाज में प्रोटीन की मात्रा सबसे अधिक (70.2 मिलीग्राम) पाई गई। इसके बाद रागी रोटी में 53.3 मिलीग्राम प्रोटीन पाया गया, जबकि रागी मुड्डे में सबसे कम 34.4 मिलीग्राम प्रोटीन पाया गया।

4- 10 ग्राम नमूने में मौजूद कार्बोहाइड्रेट की मात्रा:-

- रागी मुड्डे – 67.3 मिलीग्राम
- रागी रोटी – 40 मिलीग्राम
- रेडी-टू-ईट (RTE) रागी अनाज – 70 मिलीग्राम

परिणामों से पता चलता है कि RTE रागी अनाज में कार्बोहाइड्रेट की मात्रा सबसे अधिक (70 मिलीग्राम) है। इसके बाद रागी मुड्डे में 67.3 मिलीग्राम कार्बोहाइड्रेट पाया गया, जबकि रागी रोटी में सबसे कम 40 मिलीग्राम कार्बोहाइड्रेट पाया गया।

5- 10 ग्राम नमूने में मौजूद वसा (लिपिड) की मात्रा:-

- रागी मुड्डे – 6.4 मिलीग्राम
- रागी रोटी – 17.8 मिलीग्राम
- रेडी-टू-ईट (RTE) रागी अनाज – 28.5 मिलीग्राम

परिणामों से स्पष्ट है कि RTE रागी अनाज में वसा की मात्रा सबसे अधिक (28.5 मिलीग्राम) पाई गई। इसके बाद रागी रोटी में 17.8 मिलीग्राम वसा पाई गई, जबकि रागी मुड्डे में सबसे कम 6.4 मिलीग्राम वसा पाई गई।

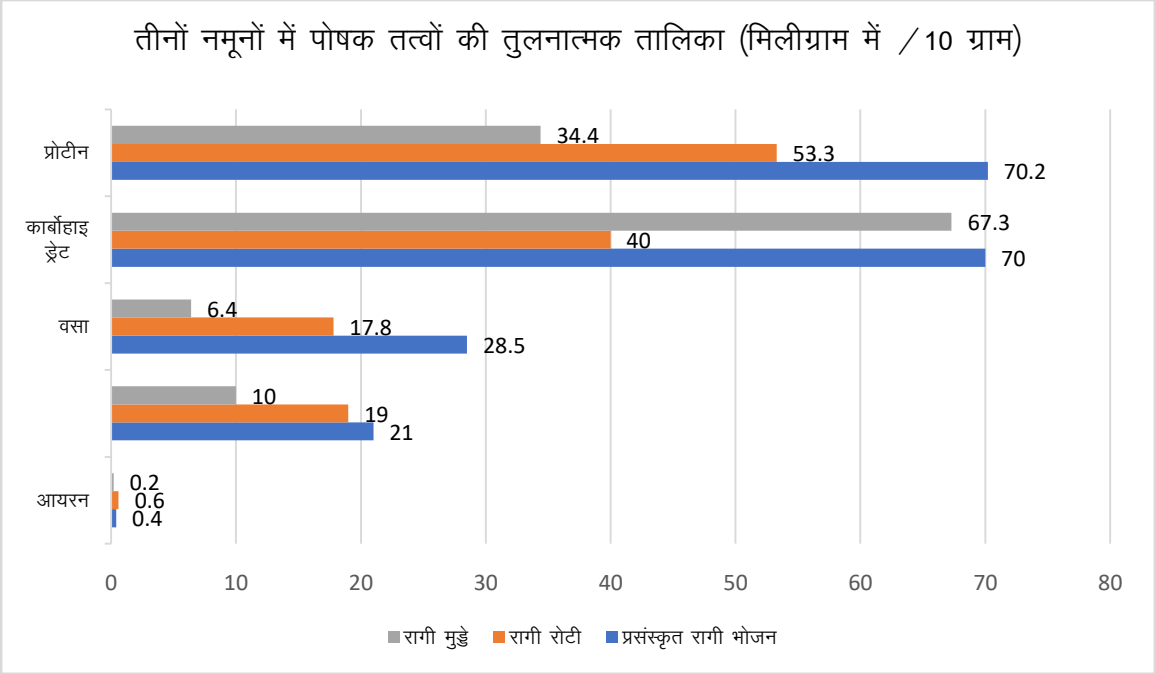
तालिका 4: प्रसंस्कृत बाजरा आधारित RTE खाद्य और पारंपरिक खाद्य पदार्थों की तुलना (नमूना: मिलीग्राम/10 ग्राम)

पोषक तत्व	रागी मुड्डे	रागी रोटी	RTE रागी अनाज
आयरन	0.2 मिलीग्राम	0.6 मिलीग्राम	0.4 मिलीग्राम
कैल्शियम	10 मिलीग्राम	19 मिलीग्राम	21 मिलीग्राम
वसा	6.4 मिलीग्राम	17.8 मिलीग्राम	28.5 मिलीग्राम
कार्बोहाइड्रेट	67.3 मिलीग्राम	40 मिलीग्राम	70 मिलीग्राम
प्रोटीन	34.4 मिलीग्राम	53.3 मिलीग्राम	70.2 मिलीग्राम

यह तालिका दर्शाती है कि पारंपरिक और RTE (खाने के लिए तैयार) रागी-आधारित खाद्य उत्पादों में पोषक तत्वों की मात्रा अलग-अलग होती है।:-

- रागी रोटी में आयरन की मात्रा सबसे अधिक पाई गई।
- RTE रागी सीरियल्स में कैल्शियम, प्रोटीन और वसा का स्तर अधिक होता है।
- कार्बोहाइड्रेट की मात्रा भी RTE रागी सीरियल्स में सबसे अधिक होती है, जबकि रागी रोटी में यह सबसे कम होती है।

यह स्पष्ट रूप से इंगित करता है कि RTE खाद्य उत्पाद कुछ पोषक तत्वों से अधिक समृद्ध होते हैं, जबकि पारंपरिक खाद्य पदार्थ भी अपने विशिष्ट पोषण संबंधी गुणों को बनाए रखते हैं।



लेखाचित्र 3 तीनों नमूनों में पोषक तत्वों की तुलना

तीनों नमूनों में पोषक तत्वों की तुलना ऊपर दी गई तुलनात्मक तालिका और चार्ट से यह साफ़ पता चलता है कि पारंपरिक रूप से तैयार रागी खाद्य उत्पादों की तुलना में RTE (रेडी-टू-ईट) रागी सीरियल्स में जाँच किए गए सभी पाँच पोषक तत्वों का स्तर ज़्यादा है—सिवाय आयरन के, जहाँ रागी रोटी में लगभग 2 mg ज़्यादा आयरन पाया गया। परिकल्पना (H_{01}) बाजरा-आधारित RTE खाद्य पदार्थों में पोषक तत्वों का स्तर, पारंपरिक रूप से तैयार बाजरा-आधारित खाद्य पदार्थों के स्तर के बराबर होता है।

प्रयोगशाला परीक्षण परिणामों की तुलनात्मक तालिका से पता चलता है कि पारंपरिक रागी खाद्य उत्पादों की तुलना में, RTE रागी सीरियल्स में ये विशेषताएँ हैं:

- प्रोटीन, कार्बोहाइड्रेट, वसा और कैल्शियम का स्तर काफ़ी ज़्यादा है;
- रागी मुद्दे की तुलना में आयरन की मात्रा थोड़ी ज़्यादा है;
- लेकिन रागी रोटी की तुलना में आयरन की मात्रा थोड़ी कम है।

इस प्रकार, परिणाम बताते हैं कि RTE रागी सीरियल्स कई पोषक तत्वों से ज़्यादा समृद्ध हैं, जबकि आयरन के मामले में रागी रोटी ही सबसे बेहतर स्रोत बनी हुई है।

Summary and Conclusion:-

इस अध्ययन में यह पाया गया कि:

- 50:50 बाजरा–मक्का संयोजन सबसे उपयुक्त है
- 100°C तापमान और 450 rpm स्क्रू गति सर्वोत्तम परिणाम देते हैं
- RTE उत्पाद संवेदी और पोषणीय दोनों दृष्टि से स्वीकार्य हैं
- पारंपरिक खाद्य पदार्थ कुछ पोषक तत्वों (विशेषकर आयरन) में बेहतर हैं

यह अध्ययन दर्शाता है कि ट्विन स्क्रू एक्सट्रूडर तकनीक का उपयोग करके उच्च गुणवत्ता वाले बाजरा आधारित रेडी-टू-ईट उत्पाद विकसित किए जा सकते हैं। उपयुक्त संचालन मापदंडों के चयन से उत्पाद की भौतिक और संवेदी विशेषताओं में महत्वपूर्ण सुधार किया जा सकता है। पोषणीय तुलना से यह स्पष्ट होता है कि RTE उत्पाद आधुनिक उपभोक्ता की आवश्यकताओं को पूरा करते हैं और पारंपरिक खाद्य पदार्थों के साथ प्रतिस्पर्धा कर सकते हैं। हालांकि, पारंपरिक खाद्य पदार्थ अभी भी कुछ विशिष्ट पोषक तत्वों के बेहतर स्रोत बने हुए हैं। भविष्य में, अनुसंधान को इस दिशा में आगे बढ़ाया जा सकता है कि RTE उत्पादों में आयरन जैसे पोषक तत्वों को और अधिक बढ़ाया जाए, ताकि वे पूर्णतः संतुलित आहार प्रदान कर सकें।

Reference:-

1. Anderson, R. A.., Conway, H. F.., Pfeifer, V. F.., & Griffin, E. L.. (1969). रोल एवं एक्सट्रूज़न कुकिंग द्वारा मक्का ग्रिट्स का जिलेटिनाइजेशन। Cereal Science Today, 14, 4–12।
2. Bhattacharya, S.., & Hanna, M. A.. (1987). कॉर्न स्टार्च की एक्सट्रूज़न कुकिंग: प्रक्रिया मापदंडों का विस्तार पर प्रभाव। Journal of Food Science, 52(3), 764–766. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb06732.x
3. Williams, P. C.. (1977). अनाज प्रसंस्करण में एक्सट्रूज़न कुकिंग का उपयोग। Journal of Food Technology, 12(1), 25–35।
4. Food and Agriculture Organization. (2013). बाजरा: पोषण संरचना और स्वास्थ्य लाभ। FAO।
5. FICCI., & PwC. (2014). प्रसंस्कृत खाद्य एवं कृषि-व्यवसाय रिपोर्ट: भारत।
6. Harper, J. M.. (1981). खाद्य पदार्थों का एक्सट्रूज़न (खंड 1)। CRC प्रेस।
7. Guy, R.. (2001). एक्सट्रूज़न कुकिंग: प्रौद्योगिकी और अनुप्रयोग। वुडहेड पब्लिशिंग।
8. Singh, S.., Gamlath, S.., & Wakeling, L.. (2007). खाद्य एक्सट्रूज़न के पोषणीय पहलू: एक समीक्षा। International Journal of Food Science & Technology, 42(8), 916–929. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01309.x
9. Altan, A.., McCarthy, K. L.., & Maskan, M.. (2008). एक्सट्रूज़न प्रक्रिया द्वारा जौ–टमाटर पल्प मिश्रण से स्नैक खाद्य पदार्थों का मूल्यांकन। Journal of Food Engineering, 84(2), 231–242. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.05.014
10. Chandrasekara, A.., & Shahidi, F.. (2011). बाजरा अनाज के जैव सक्रिय और एंटीऑक्सीडेंट गुण। Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59(17), 9563–9571. https://doi.org/10.1021/jf2018799
11. Devi, P. B.., Vijayabharathi, R.., Sathyabama, S.., Malleshi, N. G.., & Priyadarisini, V. B.. (2014). फिंगर मिलेट (Eleusine coracana L.) के स्वास्थ्य लाभ। Journal of Food Science and Technology, 51(6), 1021–1040. https://doi.org/10.1007/s13197-011-0584-9
12. AOAC. (2005). विश्लेषण की आधिकारिक विधियाँ (18वां संस्करण)। AOAC इंटरनेशनल।