PHYTOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF BLACK SOYBEAN (*GLYCINE MAX (L.) MERRILL*) AND ITS VALUE ADDITION

ANKUR KUMAR

CENTRE FOR RURAL DEVELOPMENT AND TECHNOLOGY
INDIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY DELHI

SEPTEMBER 2023

PHYTOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF BLACK SOYBEAN (*GLYCINE MAX (L.) MERRILL*) AND ITS VALUE ADDITION

by

ANKUR KUMAR

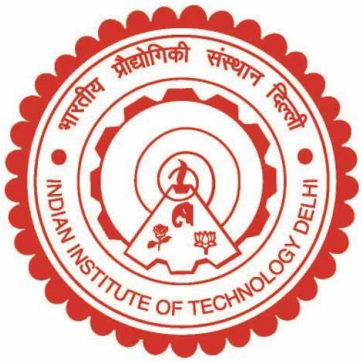
Centre for Rural Development and Technology

Submitted

In fulfillment of the requirements of the degree of

Doctor of Philosophy

to the



INDIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY DELHI

SEPTEMBER 2023

IIT Delhi
Indian Institute of Technology Delhi

CERTIFICATE

This is to certify that the thesis entitled "**Phytochemical characterization of black soybean (*Glycine max (L.) Merrill*) and its value addition**" being submitted by **Mr. Ankur Kumar** to the **Indian Institute of Technology Delhi** for the award of "**Doctor of Philosophy**" is a record of bonafide research work carried out by him. He has worked under our guidance and supervision and has fulfilled the requirements for the submission of this thesis. To the best of our knowledge, the results contained in this thesis have not been submitted in part or full to any other university or institute for the award of any degree or diploma.

(Prof S N Naik)
Centre for Rural Development &Technology
Indian Institute of Technology Delhi

(Prof Jatindra K Sahu)
Centre for Rural Development &Technology
Indian Institute of Technology Delhi

Date:

Place: New Delhi

ACKNOWLEDGEMENTS

I am thankful to the almighty for the blessing on me to complete this whole work of my Ph.D thesis. This was really one of the important phases of my life through which I not only learned about the research, its execution and how to take it forward but also various personal learning which will help throughout my life. I wish to thank each one who helped and taught me during this journey.

I express my sincere thanks to my supervisors **Prof S N Naik** and **Prof J K Sahu**, Centre for Rural Development and Technology, IIT Delhi for nurturing me, guiding me and their tired less efforts to complete research work. I am also thankful to them for their continuous motivations and encouragement due to which I could be able to accomplish this work.

I also thanks to **Prof P M V Subbarao**, Head, Centre for Rural Development and Technology, IIT Delhi and **Prof V M Charier**, Chairperson, Centre for Rural Development and Technology, IIT Delhi for the required support to complete my research work.

With a sense of gratitude, I would also like to thank my research committee members **Prof Anushree Malik (Chairperson)**, **Prof S K Khare (External subject expert)** and **Prof Hariprasad P (Internal subject expert)** for their detailed advice and suggestions throughout my research work.

I would also like to thank faculty and staff members of Centre for Rural Development and Technology for providing their kind cooperation for various administrative and technical matters. I am also thankful to National Institute of Food Technology Entrepreneurship and Management (NIFTEM), Kundli for providing the necessary lab infrastructure at the Central Instrumentation Laboratory to carry out the research work. I would also like to thank Dr Komal Chauhan, Dr. Neela Emanuel and Late Prof. Manjeet Aggarwal, NIFTEM Kundli for motivating me to undertake the Ph.D work. I would also like to express my gratitude to Dr Chindi Vasudevappa, Former Director, NIFTEM Kundli for granting me to register for the Ph.D degree.

I wish to acknowledge my lab members at IIT: Dr Nitin Kumar, Dr Nidhi, Dr Falguni, Ashutosh, Sukirti, Dhruv, and Dr Shreya for their support during the experimental work. I would also like to thank Dr Nitya Sharma, Dr Megha Mathur, Dr Chanchal, Mr. Sunil Kumar, Lab Technician, NIFTEM, Mr Sarvanan, Lab Technician, NIFTEM, Ms. Simran Dahiya, Technical Assistant, Ms Swati Mitharwal and Ms Ananya Rana, Research Scholar, NIFTEM for their help in experimentation, thesis and paper writing. I also extend my sincere thanks to Mr Dinesh Kumar, Baker, NIFTEM and Dr Anand Kishore, NIFTEM for product development support. I express my sincere thanks to Dr Kumresh Halder for his motivational support and encouragement throughout my study. Special thanks to Dr Suhas, Department of Chemistry, Gurukul Kangri (Deemed to be University), Haridwar for the writing support. I would also like to thank each and every one who has been associated in my Ph.D work whom I forgot to mention.

Finally, and most importantly I would like to remember and dedicate this work to my family including my beloved grandfather Late Ch. Ratan Singh, my father Late Ch. Devendra Singh, grandmother Late Smt. Prakashi Devi, who were my motivating force throughout my career. Lastly my mother: Smt. Amresh Devi, brother: Rahul and Shubham, my wife: Ankita and my son: Ayansh and daughter: Ayanna, for all the sacrifice and patience they have made during my Ph.D work.

Ankur Kumar

Date:

Place: New Delhi

ABSTRACT

Black soybean (*Glycine max (L.) Merrill*) locally known as *bhat, kalabhat or bhatmaas* is an underutilized leguminous crop confined to the Indo-Himalayan regions. Black soybean has unique properties owing to its black hull, making it different from yellow and green soybean. There is wide variability in the *black soybean* in terms of seed weight, length and width and other quality parameters. There is a need to explore these legumes to assess their genotype diversity for further utilization in food and seed improvement programs. With this background, the present research was designed to validate the nutritional claim in the Indo-Himalayan *black soybean* population, its lipid quality assessment, effect of cooking methods on antinutritional factors, and development of value-added products including its nutritional quality and sensory evaluation.

Black soybean specimen samples from five geographical locations of Indo-Himalayan regions (BSALS & BSALB, BSNDD, BSRMN and BSGRP - samples collected from Almora, Dehradun, Ramnagar and Nainital regions, respectively) were collected. The samples were authenticated and analyzed in terms of seed dimensions and proximate, mineral and amino acid compositions to evaluate the seed variability. Polyphenolic compounds extracted using a central composite design by response surface methodology (RSM) using ultra-sound assisted (UAE) extraction techniques with three process variables (solid to solvent ratio, ultrasound amplitude and time) and three responses i.e. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) assay, total phenolic content (TPC) and total flavonoid content (TFC). The UAE optimized samples were analyzed to target three β-glucoside, three aglycon isoflavones, one anthocyanin cyanidin-3-glucoside and three polyphenols (gallic, caffeic and quercetin) using HPLC technique. The lipid quality was assessed among the samples for oil yield, β-carotene, tocopherols, and unsaponified matter. Fatty acid and flavor estimation was performed using GC and GC-MS-HS. Supercritical fluid and Soxhlet extractions were compared for different oil quality characteristics of *black soybean*. Effects of microwave cooking (400, 800 and 1200 W for 10 min), pressure vessel (48.26 kPa, 68.95 kPa, and 82.73 kPa, respectively), and conventional clay pot cooking at 70℃, 90℃ and 110℃ on raffinose and phytic acid - two antinutrients in *black soybean* were analyzed. Further, black soybean flour was utilized for the preparation of cookies.

There was a significant variation ($p<0.05$) in the seed weight (0.084 to 0.158 g) among the seed samples. The BSALS seeds had the lowest width and weight comparatively. The protein content in all samples were measured to be in the range 31.1 to 39.7 g/100g with the maximum in small oval shape BSALS seeds, a nonsignificant difference ($p>0.05$) among the black soybean samples revealed the variance in the proximate compositions irrespective of the seed dimensions. Sucrose was observed in the range of 3.84 to 5.02 g/100g with a minimum concentration in BSALS and maximum in BSGRP seeds. FTIR characterization reported three major peaks at 2835, 1640, and 1015 cm^{-1} wavenumber and reported the presence of aldehyde and ketone compounds. Protein quality assessment for individual amino acids (AAs) reported sixteen AAs, of which seven were classified as essential and nine as non-essential AAs. On differentiating the AA values with the physical characteristics of *black soybean* varieties, it was found that BSGRP samples possessed the minimum AA and the maximum was noted in BSALS samples. Among essential AAs, lysine was comparatively higher in BSALS seed samples (2.32 g/100g).

Sulphur containing amino acid methionine and cysteine had low levels in all samples. Co and Cr were not detected in any of the samples among eleven mineral elements. Micronutrients were comparatively higher in BSALS seed samples.

The UAE extraction conditions (ultrasound power, time and solid-to-solvent ratio) for polyphenols (DPPH assay, TPC and TFC) were optimized using a central composite design by response surface methodology. A quadratic model with F-values of 29.38 and 8.77 was suggested for DPPH assay and TPC, respectively. The extract optimized using UAE process were analyzed using HPLC-UV for estimation of isoflavones and anthocyanin content. Total isoflavones significantly ($p<0.05$) varied from 85.41 to 199.44 mg/100g with the highest concentration in BSALS samples. β-glucoside isoflavones were reported 85.73 to 93.18% of total isoflavones. Cyanidin-3-glucoside (C3G) varied from 29.23 to 71.85 mg/100 g with the maximum in BSGRP seed samples and lowest in BSALS samples. The BSALS samples had a lower oil content (about 20.53%), and maximum β-carotene content (1305 µg/kg), while the oil yield was about 25.64% in BSALB seed samples. γ-tocopherol was highest, followed by δ-tocopherol and α-tocopherol among all seed samples. The oil was consisted of five major fatty acids: methyl palmitate (9.79 to 10.87%), methyl stearate (3.12 to 4.26%), cis 9-oleic acid methyl ester (19.46 to 25.4%), methyl linoleate (54.63 to 57.44%) and, methyl linolenate (5.81 to 9.75%) with the non-significance distribution. Lipid fractions reported 46 volatile flavor compounds (VFCs) as identified in GC-MS/HS analysis. There was a wide difference in the composition of these compounds among individual lipid fractions. Supercritical fluid extraction (SFE) reported oil yield of 19.1%, while the Soxhlet produced 23.67% oil yield. Unsaponified matter and carotenoid content in SFE technique were slightly higher (2.73% and 1.259 mg/kg) than the Soxhlet extraction (2.57% and 1.139 mg/kg), indicating that SFE oil exhibited comparatively higher antioxidant activities. Flavor 1,2-Propanediol, 3-benzyloxy-1,2-diacetyl- was observed higher in SFE.

The conventional clay pot and pressure vessel cooking methods reported to reduce about 32.50% and 75.0% of phytic and raffinose, respectively, while cyanidin-3-glucoside was significantly degraded in all the treatments. *Black soybean* flour-based gluten-free cookies were prepared to realize the consumers perspective for the black soybean derived food product. The average sensory score for flavor and color were 7.8 and 8.2. The texture, taste, and mouthfeel scores were 8.1, 8.0 and 8.1, respectively on a 9-point hedonic scale and showed good consumer acceptability.

In conclusion, the present study reports the scientific validation of local *black soybean* for phytochemical and lipid composition. This profiling would help developing various value added and protein rich nutritious food products exploring utilization of underutilized *black soybean* in local and global markets.

Keywords: Antinutrients; *Black soybean*; Lipid characteristics; Antinutritional factors; Sensory qualities; Ultrasound assisted extraction

सारांश

काला सोयाबीन (*ग्लाइसीन मैक्स (एल.) मेरिल*), जिसे स्थानीय भाषा में भट, कालाभट, भातमास के रूप में जाना जाता है भारत-हिमालयी क्षेत्रों तक सीमित कम उपयोग वाली फलीदार फसलों में से एक है। इसके काले छिलके के कारण इसमें अद्‌वितीय गुण हैं, जो कि पीले और हरे सोयाबीन से अलग होते है। काले सोयाबीन में बीज वजन, लंबाई और चौड़ाई और अन्य गुणवत्ता मापदंडों के मामले में काफी विविधताएं हैं। खाद्‌य और बीज सुधार कार्यक्रमों में उपयोग के लिए इनकी जीनोटाइप विविधता का आकलन करने के लिए इन फलियों के मूल्यांकन करने की आवश्यकता है। इस पृष्ठभूमि के साथ, वर्तमान शोध को भारत-हिमालयी काली सोयाबीन में पोषण एवं अन्य फाइटो केमिकल संबंधी दावे को मान्य करने; लिपिड गुणवत्ता मूल्यांकन; पोषण विरोधी कारकों पर विभिन्न खाना पकाने के तरीको का प्रभाव, और मूल्यवर्धित उत्पाद विकसित कर इसकी गुणवत्ता और संवेदी मूल्यांकन करने के उदेश्य से प्लान किया गया हैं।

भारत के हिमालयी क्षेत्रों से काले सोयाबीन के विभिन्न प्रकार के पांच नमूने एकत्र किए गए जो की क्रमश बीएसएएलएस (अल्मोड़ा), बीएसएएलबी (अल्मोड़ा), बीएसएनडीडी (देहरादून), बीएसआरएमएन (रामनगर), और बीएसजीआरपी (नैनीताल) थे। नमूनों का प्रमाणीकरण एवं विश्लेषण कर बीजों का मूल्यांकन बीज आयाम, समीपस्थ, सुक्रोज, खनिज और अमीनो एसिड संरचना के संदर्भ में किया गया। पॉलीफेनोलिक यौगिकों के निष्कर्षण को तीन प्रक्रिया चर (ठोस से विलायक अनुपात, अल्ट्रासाउंड आयाम और समय) और तीन प्रतिक्रियाओं यानी २,२-डिफेनिल-१-पिक्रीलहाइड्राज़िन (डीपीपीएच) परख, कुल फेनोलिक सामग्री (टीपीसी) और कुल फेनोलिक सामग्री (टीएफसी) अल्ट्रा-साउंड असिस्टेड (यूएई) निष्कर्षण प्रतिक्रिया सतह पद्‌धति (आरएसएम) द्‌वारा केंद्रीय समग्र डिजाइन का उपयोग करके अनुकूलित किया गया। निष्कर्षण अनुकूलन के बाद, तीन β-ग्लूकोसाइड, तीन एग्लीकॉन आइसोफ्लेवोन्स, एक एंथोसायनिन साइनाइडिन-३-ग्लूकोसाइड और तीन पॉलीफेनोल्स (गैलिक, कैफिक और क्वेरसेटिन) को लक्षित करने के लिए एचपीएलसी द्‌वारा नमूनों का विश्लेषण किया गया। तेल उपज, β-कैरोटीन, टोकोफेरोल्स और असैपोनिफाइड पदार्थ के लिए सभी नमूनों में लिपिड गुणवत्ता मूल्यांकन किया गया। जीसी और जीसीएमएस-एचएस का उपयोग करके फैटी एसिड और स्वाद अवयवो का अनुमान लगाया गया। काले सोयाबीन की विभिन्न तेल गुणवत्ता विशेषताओं के लिए सुपरक्रिटिकल और सॉक्सलेट निष्कर्षण की तुलना की गई। खाना पकाने के प्रभाव का अध्ययन विभिन्न खाना पकाने की प्रक्रियाओ का उपयोग करके किया गया। १० मिनट के लिए ४००, ८०० और १२०० वाट पर माइक्रोवेव खाना पकाने, दबाव और पारंपरिक मिट्‌टी के बर्तन में कम मध्यम और उच्च तापमान एवं दबाव द्‌वारा रैफिनोज और फाइटिक एसिड पर होने वाले प्रभाव को देखा गया , जिन्हें काले सोयाबीन में एंटीन्यूट्रिएंट्स माना जाता है। इसके अलावा, काले सोयाबीन के आटे का उपयोग कुकी बनाने में किया गया।

बीज वजन (८४.० से १५८.० मिलीग्राम) में महत्वपूर्ण भिन्नता ($p<0.०५$) थी। बीएसएएलएस बीज की तुलनात्मक रूप से सबसे कम चौड़ाई और वजन होता है। प्रोटीन की मात्रा ३१.१ से ३९.७ ग्राम / १०० ग्राम पायी गयी । प्रोटीन की अधिकतम मात्रा छोटे अंडाकार आकार के बीएसएएलएस बीज में थी । काले सोयाबीन के नमूनों के बीच निरर्थक अंतर ($p>0.०५$) ने दिखाया की समीपस्थ रचनाओं में भिन्नता, बीज के आयामों के निरपेक्ष है । सुक्रोज ३.८४ से ५.०२ ग्राम/१०० ग्राम की सीमा में पाया गया । छोटे बीएसएएलएस बीज में यह न्यूनतम और मध्यम आकार के बीएसजीआरपी बीज में अधिकतम पाया गया। एफटीआईआर लक्षण वर्णन से २८३५, १६४०, और १०१५ cm^{-1} तरंग संख्या पर तीन प्रमुख चोटियों की जानकारी मिली, जिससे एल्डिहाइड और कीटोन यौगिक की उपस्थिति का पता चला । वैयक्तिक अमीनो एसिड (एए) के लिए प्रोटीन गुणवत्ता मूल्यांकन ने सोलह एए की सूचना दी, जिनमें से सात को आवश्यक एए और नौ को गैर-आवश्यक एए के रूप में वर्गीकृत किया गया। काले सोयाबीन की किस्मों की भौतिक विशेषताओं के साथ एए मूल्यों को अंतर करने पर यह पाया गया कि बीएसजीआरपी (गोलाकार आकार के मध्यम आकार के) बीज में न्यूनतम एए थे और अधिकतम बीएसएएलएस (छोटे अंडाकार आकार के बीज) में नोट किये गए। आवश्यक एए में, बीएसएएलएस (अंडाकार आकार, सबसे कम भार वाले) बीज में लाइसिन (२.३२ ग्राम/१०० ग्राम) तुलनात्मक रूप से अधिक था। सल्फर युक्त अमीनो एसिड मेथियोनीन और सिस्टीन के सभी नमूनों में निम्न स्तर रहा। ग्यारह खनिज तत्वों में से किसी भी नमूने में कोबाल्ट और क्रोमियम नहीं पाए गए। छोटे अंडाकार आकार के बीएसएएलएस बीज के नमूनों में सूक्ष्म पोषक तत्व तुलनात्मक रूप से अधिक थे।

पॉलीफेनोल्स (डीपीपीएच परख, टीपीसी और टीएफसी) के लिए यूएई निष्कर्षण की स्थितियों (अल्ट्रासाउंड शक्ति, समय और ठोस से विलायक अनुपात) को प्रतिक्रिया सतह पद्धति द्वारा केंद्रीय समग्र डिजाइन का उपयोग करके अनुकूलित किया गया था।। क्रमशः डीपीपीएच और टीपीसी के लिए २९.३८ और ८.७७ के एफ मूल्यों के साथ द्विघात मॉडल का सुझाव दिया गया था। आइसोफ्लेवोन्स और एंथोसायनिन सामग्री के आकलन के लिए एचपीएलसी-यूवी का उपयोग करके यूएई प्रक्रिया द्वारा अनुकूलित अर्क का विश्लेषण किया गया। छोटे अंडाकार आकार के बीएसएएलएस नमूनों में उच्चतम सांद्रता के साथ कुल आइसोफ्लेवोन्स महत्वपूर्ण रूप से (पी <0०.०५) ८५.४१ से १९९.४४ मिलीग्राम / १०० ग्राम तक भिन्न होते हैं। β-ग्लूकोसाइड आइसोफ्लेवोन्स कुल आइसोफ्लेवोन्स के ८५.७३ से ९३.१८% तक दर्ज किये गए। साइनाइडिन-३-ग्लूकोसाइड (सी३जी) २९.२३ से ७१.८५ मिलीग्राम/१०० ग्राम के बीच भिन्न था जो की बीएसजीआरपी बीज नमूनों में अधिकतम और बीएसएएलएस नमूनों में सबसे कम था। बीएसएएलएस के नमूनों में कम तेल सामग्री (लगभग २०.५३% और अधिकतम β-कैरोटीन सामग्री (१३०५ माइक्रोग्राम/किलोग्राम) था, जबकि बीएसएएलबी बीज के नमूनों में तेल की उपज लगभग २५.६४% थी। γ-टोकोफ़ेरॉल उच्चतमपायागया, इसके बाद सभी बीज नमूनों में δ-टोकोफ़ेरॉल और α-टोकोफ़ेरॉल था। तेल में पांच प्रमुख फैटी एसिड होते हैं: मिथाइल पामिटेट (९.७९ से १०.८७%), मिथाइल स्टीयरेट (३.१२ से ४.२६%), सीआईएस ९-ओलिक एसिड मिथाइल

एस्टर (१९.४६ से २५.४%), मिथाइल लिनोलेट (५४.६३ से ५७.४४%) और, मिथाइल लिनोलेनेट (५.८१ से ९.७५%) गैर-महत्व वितरण के साथ पाए गए। जीसी-एमएस/एचएस विश्लेषण से पहचाने गए लिपिड अंशों ने ४६ वाष्पशील स्वाद यौगिकों (वीएफसी) की सूचना दी। व्यक्तिगत लिपिड अंशों के बीच इन यौगिकों की संरचना में व्यापक अंतर था। सुपरक्रिटिकल फ्लुइड एक्सट्रैक्शन (एसएफई) ने १९.१% तेल की सूचना दी, जबकि सॉक्सलेट ने २३.६७% तेल उपज का उत्पादन किया। एसएफई तकनीक में असैपोनिफाइड पदार्थ और कैरोटीनॉयड सामग्री सॉक्सलेट निष्कर्षण (२.५७% और १.१३९ मिलीग्राम/किलोग्राम) की तुलना में थोड़ा अधिक (२.७३% और १.२५९ मिलीग्राम/किलोग्राम) थी, जो दर्शाता है कि एसएफई तेल तुलनात्मक रूप से उच्च एंटीऑक्सीडेंट गतिविधियों का प्रदर्शन करता है। एसएफई में फ्लेवर १,२-प्रोपेनडीओल, ३-बेंजाइलॉक्सी-१,२-डायसेटाइल- उच्च मात्रा में देखा गया।

१२ और ७२ घंटे के लिए काले सोयाबीन के नमूने (बीएसएनडीडी) को भिगोने से फाइटिक एसिड और रैफिनोज क्रमशः २८.९८% और ७४.५% तक कम हो गए। पारंपरिक मिट्टी के बर्तन और प्रेशर बरतन कुकिंग तकनीकों में क्रमशः ३२.५०% और ७५.०% तक फाइटिक और रैफिनोज कम हुआ, जबकि साइनाइडिन-३-ग्लूकोसाइड सभी उपचारों में काफी कम अपक्षीणन हो गया था। काले सोयाबीन से बने खाद्य उत्पाद के लिए उपभोक्ताओं के दृष्टिकोण को महसूस करने के लिए काले सोयाबीन के आटे पर आधारित लस मुक्त कुकीज़ तैयार की गई थी। स्वाद और रंग के लिए औसत संवेदी स्कोर ७.८ और ८.२ थे। ९-पॉइंट हेडोनिक स्केल पर बनावट, स्वाद और माउथफिल क्रमशः ८.१, ८.० और ८.१ थे और अच्छी उपभोक्ता स्वीकार्यता दिखाई।

अंत में, वर्तमान अध्ययन फाइटोकेमिकल और लिपिड संरचना के लिए स्थानीय काले सोयाबीन की वैज्ञानिक मान्यता को रिपोर्ट करता है। यह प्रोफाइलिंग स्थानीय और वैश्विक बाजारों में कम उपयोग वाले काले सोयाबीन के इस्तेमाल से विभिन्न मूल्य वर्धित और प्रोटीन युक्त पौष्टिक खाद्य उत्पादों को विकसित करने में मदद करेगी।

कुंजी शब्द: एंटीन्यूट्रिएंट्स; काले सोयाबीन, प्रीट्रीटमेंट; लिपिड विशेषताएँ; पोषण विरोधी कारक; गुणवत्ता विशेषताएँ; अल्ट्रासाउंड सहायता निष्कर्षण।

TABLE OF CONTENT

LIST OF FIGURES

LIST OF TABLES

LIST OF SYMBOLS AND ABBREVIATIONS

Syntax	Description
%	Percent
<	Less than
>	Greater than
@	At the rate
℃	Degree Celsius
g	gram
h	Hour
kg	Kilogram
L	Litre
t	Time
R^2	Co-efficient of determination
s	Second
µm	micro meter
µL	micro litre
v	volume
w	weight
W	Watt
AU	Absorbance unit
AA	Amino acid
ANOVA	Analysis of variance
AOAC	Association of official analytical chemists
BS	Black soybean
BSALS	Small oval shape seed from Almora
BSALB	Big spherical shape seed from Almora
BSNDD	Big spherical shape seed from Dehradun
BSRMN	Medium spherical shape seed from Ramnagar

BSGRP	Medium spherical shape seed from Nainital
CO_2	Carbon Dioxide
C3G	Cyanidin-3-glucoside
DPPH	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
DSC	Differential scanning calorimeter
EPR	Electron Paramagnetic Resonance
EtOH	Ethyl alcohol
FAME	Fatty acid methyl esters
Fig.	Figure
FRAP	Ferric reducing-anti-oxidative power
FRSA	Free radical-scavenging activities
FSSAI	Food Safety and Standards Authority of India
FSSR	Food Safety and Standard Regulations
FTIR	Fourier Transform Infrared Spectrophotometer
GC	Gas Chromatography
GCMS	Gas Chromatography Mass Spectroscopy
H_2O	Water
HHP	High hydrostatic pressure
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
HS	Headspace
ICPOES	Inductive Coupled Plasma Optical Emission Spectrophotometer
IISR	Indian Institute of Soybean Research
IS	Indian Standard
ISO	International Organization for Standardization
InsP6	myoinositol hexaphosphate
kPa	Kilopascal
MAE	Microwave assisted extraction
min.	minute
mg	milligram
mm	milli meter

m/z	mass to charge ratio
mL	milli litre
NIST	National Institute of Standards and Technology
psi	Pounds per square inch
P	Phosphorous
PCA	Principal Component Analysis
PUFA	Polyunsaturated fatty acid
ppm	parts per million
RID	Refractive Index Detector
RSM	Response Surface Methodology
SD	Standard deviation
SFE	Supercritical fluid extraction
SSR	Solvent to solid ratio
TAC	Total anthocyanin content
TIC	Total isoflavone content
TPC	Total phenolic content
TFC	Total flavonoid content
UV	Ultraviolet
VIS	Visible