

# 玄米の調理条件がレジスタントスターチ含量に及ぼす影響

## Effect of Brown Rice Cooking Conditions on Resistant Starch Content

池田 倫子, 山中 なつみ\*  
Noriko IKEDA, Natsumi YAMANAKA\*

**【要旨】** 本研究は玄米と玄米粉を用いて炊飯時の形状の違いがRS(レジスタントスターチ)含量に与える影響を調べるとともに炊飯方法の違いや冷蔵保存がRS含量に及ぼす影響について検討した。玄米のRS含量は通常炊飯した場合は0.33%, 加圧炊飯では0.33%であり, 玄米粉では通常炊飯した場合0.29%, 加圧炊飯では0.25%であった。玄米粉のRS含量において, 加圧炊飯は通常炊飯に比べて顕著に減少した。玄米を粉にして加圧炊飯することはRS含量を相乗的に減少させることが示された。冷蔵保存後のRS含量は, 玄米を通常炊飯後冷蔵保存した場合は0.38%, 加圧炊飯後冷蔵保存した場合は0.43%であったのに対し, 玄米粉を通常炊飯後冷蔵保存した場合は0.28%, 加圧炊飯後冷蔵保存した場合は0.36%であった。加圧炊飯した玄米, 玄米粉は通常炊飯した場合に比べて冷蔵保存後のRS含量の増加が顕著であった。

**【abstract】** In this study, we investigated the effect of the difference in shape of materials on the RS(resistant starch) content during cooking and examined the effect of cooking method and refrigerated storage on the RS content, by using brown rice and brown rice flour. The RS content of brown rice was 0.33% for normal cooking and 0.33% for pressure cooking, and brown rice flour was 0.29% for normal cooking and 0.25% for pressure cooking. As for the RS content of brown rice flour, pressure cooking was significantly reduced compared to normal cooking. Grinding brown rice and pressure cooking were shown to synergistically reduce the RS content. After refrigerated storage, the RS content of brown rice was 0.38% for normal cooking, 0.43% for pressure cooking. The RS content of brown rice flour was 0.28% for normal cooking, 0.36% for pressure cooking. Although there was no difference in the RS content of brown rice between cooking methods, it was shown that the RS content of brown rice flour significantly decreased by pressure cooking. After refrigerated storage, pressure cooking increased the RS content of both brown rice and brown rice flour.

**【キーワード】** 玄米 粉碎 加圧炊飯 冷蔵 レジスタントスターチ

**【Key word】** brown rice, grinding, pressure cooking, cold storage, resistant starch

### 【目的】

食物繊維は保水性, 有害物質に対する吸着性といった物理的性質を有する<sup>1)</sup>だけでなく, 腸内発酵性により腸内細菌叢の改善や発がん性物質生成の抑制が認められており<sup>2)</sup>, 積極的な摂取が推奨されている成分である。日本人の食事摂取基準2020年版<sup>3)</sup>の成人の食物繊維の目標量は男性21 g/日, 女性18 g/日であるが, 2020年の国民栄養健康調査<sup>4)</sup>において食物繊維摂取量は成人(20~

59歳)で16~18 g/日との報告がなされ, 目標量に到達していないのが現状である。

食物繊維の摂取不足の要因は, 穀類の摂取量減少や精製された穀類の摂取量増加が要因に挙げられている<sup>5)</sup>が, 近年では健康志向の高まりにより精製されていない穀類が好まれる傾向がある。玄米も胚乳を覆う糠層に食物繊維, ビタミン類, ミネラル類が白米に比べて豊富に含まれている<sup>6)</sup>ことから見直されている食品の1つであ

\*名古屋女子大学 健康科学部 健康栄養学科

る。また、でんぷんを豊富に含む穀類、いも類、豆類などにはヒトの消化酵素では分解されないレジスタントスターチ（以下、RS）が含まれている<sup>7)</sup>。RSは食物繊維同様に腸内発酵性を示す<sup>8)</sup>ため機能性成分として注目されており、食物繊維に加えてRSも含まれる玄米には健康食材としての期待が寄せられている。

食品中のRS含量は調理操作によって変化することが認められている。さつまいもに含まれるRSは、蒸し加熱をすることで電子レンジ加熱に比べてRS含量が増加<sup>9)</sup>、白米に含まれるRSは、米粉に粉碎し加熱することでRS量が減少するとの報告<sup>10)</sup>がなされている。玄米飯は白飯に比べて固く食味が悪いいため、玄米を圧力鍋で炊飯した玄米飯が主食として食べられることが多いが、その一方で玄米を粉碎した玄米粉を菓子<sup>11)12)</sup>やパン<sup>13)</sup>などに用いるための研究もなされている。このように玄米は粒状のままだけでなく、粉碎して利用されることがあるため、形状の違いが炊飯や冷蔵保存といった調理操作後のRS含量へ及ぼす影響を明らかにすることで玄米のRSを効率的に摂取することが可能となる。しかし、玄米から玄米粉に粉碎して調理した場合のRS含量の変化に着目した報告はみられない。そこで本研究は、玄米と玄米粉を試料とし形状の違いが炊飯ならびに冷蔵保存後のRS含量に及ぼす影響について検討した。

## 【材料と方法】

### 1. 試料

玄米は新潟県産コシヒカリ（2021年産）を用いた。玄米を食品ミル（IFM-C20G、岩谷産業（株））で粉碎後、目開き250  $\mu$ mのふるいに通し、玄米粉とした。

### 2. 異なる炊飯方法での試料調製

炊飯時の水の蒸発量の違いによる影響をなくするため、試料と水を真空包装用パックに入れて密封し炊飯や冷蔵保存を行った。すなわち、玄米と玄米粉はそれぞれ3g測り取り、ナイロン・ポリエチレン樹脂製の3層構造フィルムで作成した袋（7cm×4cm）に入れ、そ



図1 玄米ならびに玄米粉の試料調製

こに蒸留水3.6 ml（加水量1.2倍）を加えて卓上シーラー（MB-5×300SA、AS ONE（株））で密封した（図1）。

### (1) 通常炊飯

密封した玄米あるいは玄米粉は25℃恒温器内で16時間吸水させた。25℃の水1Lを入れた鍋（直径20cm、深さ7cm、ステンレス製）に吸水後の試料を入れ、ふた（直径20cm、ガラス製）をして沸騰まで強火で4.5分、その後弱火で40分間微沸を保ちながら加熱し、消火後10分放置した。これを通常炊飯とした。

### (2) 加圧炊飯

25℃恒温器内で2時間吸水させた試料を25℃の水1Lを入れた圧力鍋（通常炊飯時に用いた鍋と同一でふたは加圧用を使用）を用いて強火で4.5分、加圧（80kPa）下にて弱火で20分加熱し、消火後10分放置した。これを加圧炊飯とした。

尚、炊飯にはガスコンロを使用し、火加減が同一になるようコンロのつまみに印をつけて加熱を行った。炊飯後の試料は25℃恒温器内で10分間放冷した後、乳鉢ですり潰し均質化した。

### 3. 冷蔵保存

炊飯後の試料は密封したまま4℃恒温器で2日間保存した後、乳鉢ですり潰し均質化した。

### 4. RS含量測定

Megazyme社製 RESISTANT STARCH KIT K-RSTAR（AOAC公定法2002.02）を用いてRS含量を測定した。凍結乾燥を施した試料を用いる場合は100mgの試料を用いて測定する<sup>14)</sup>が、本研究では凍結乾燥による試料の性状変化を防ぐため凍結乾燥を行わず、乾燥重量で100mgに相当する220mgの試料を用いた。

### 5. 統計解析

統計処理はエクセル統計ソフト（BellCurve for Excel 4.05）を用いた。試料の形状（玄米、玄米粉）の影響と炊飯方法（通常炊飯、加圧炊飯）の影響、ならびに炊飯時の試料の形状の影響と冷蔵保存の影響の各二要因における交互作用を確認するため二元配置分散分析を行い、交互作用が認められた場合は全群における多重比較を行うためTukey法を用いた。なお、危険率が0.05以下のとき有意であるとみなした。

## 【結果と考察】

炊飯方法が異なる炊飯直後の玄米と玄米粉のRS含量を図2に示した。炊飯直後の玄米のRS含量は通常炊飯0.33±0.02%、加圧炊飯0.33±0.01%であった。炊飯直後の玄米粉のRS含量は通常炊飯0.29±0.01%、加圧炊飯

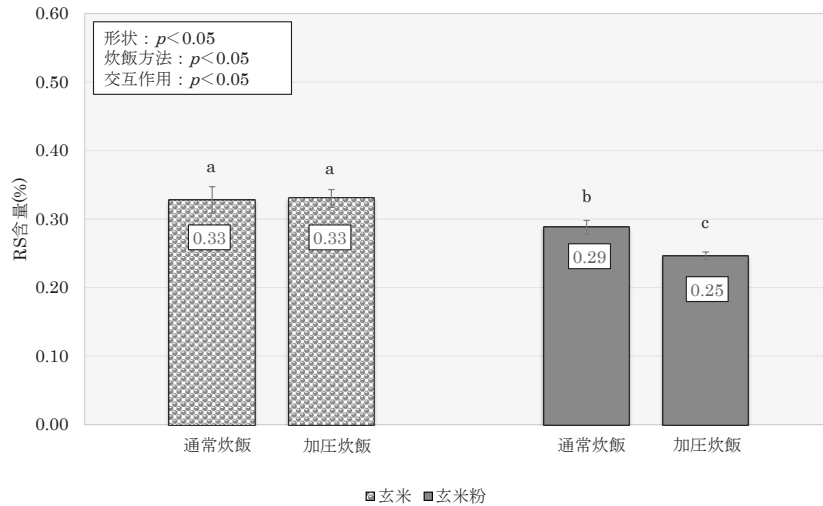


図2 炊飯方法が玄米ならびに玄米粉のRS含量に及ぼす影響

5回の調製における平均値と標準偏差を示した。

アルファベットは異なる文字間で有意差 ( $p < 0.05$ ) があることを示す。

0.25±0.01%であった。これらの結果に対して試料の形状の違いと炊飯方法の二要因において二元配置分散分析を行った結果、交互作用が有意 ( $p < 0.05$ ) であった。通常炊飯した玄米と加圧炊飯した玄米のRS含量には差がなく、炊飯方法の違いによる影響は認められなかった。通常炊飯した玄米粉のRS量は玄米に比べて有意に低く、粉碎して炊飯することでRS量が減少することが認められた。さらに加圧炊飯した玄米粉のRS含量は通常炊飯に比べて顕著に減少し、玄米粉を加圧炊飯することはRS含量を相乗的に低下させ、これら二要因は相互に影響を及ぼしていることが示された。RSは物理的、化学的性質から4つのカテゴリーに分けられており、RS1はでんぷん質が外皮や外殻に保護され、食品のマトリック

ス構造中に物理的に包み込まれ消化酵素が作用しにくいもの、RS2はでんぷん粒子自体が消化抵抗性を示すもの、RS3は調理後に再結晶化した老化でんぷん、RS4は化学試薬を用いて分子間に架橋を施した架橋でんぷんやエーテルでんぷんと言われる加工でんぷんとされている<sup>15)</sup>。本研究結果において、玄米粉は胚乳が外皮に保護されていないため浸漬で吸水が充分に進み、加熱による糊化が進んだことで未糊化でんぷんに含まれるRSが減少したと考えられる。しかし、玄米では加圧炊飯によるRSの減少は見られず、玄米飯を食べることはRS摂取量増加につながると期待できる。また、玄米の加圧炊飯は通常炊飯に比べて浸漬時間ならびに加熱時間が短く調理の手間が少ないため、利便性の高い調理方法であるとともに

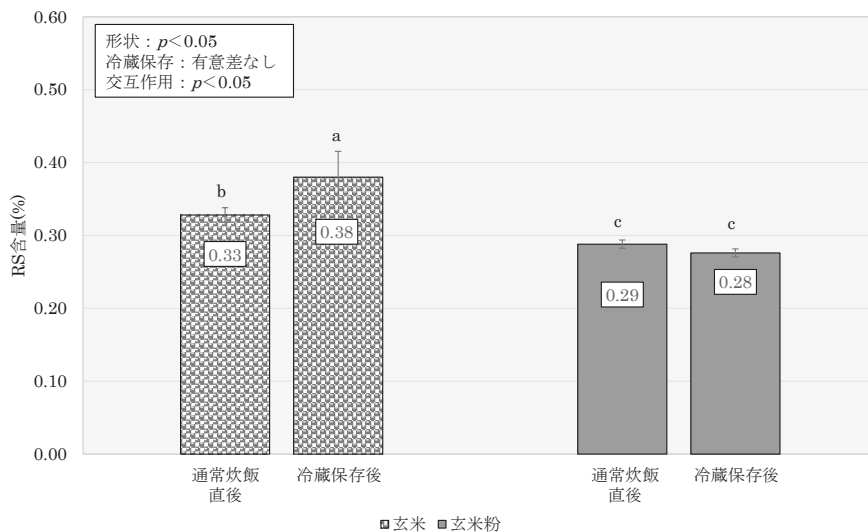


図3 冷蔵保存が通常炊飯した玄米ならびに玄米粉のRS含量に及ぼす影響

5回の調製における平均値と標準偏差を示した。

アルファベットは異なる文字間で有意差 ( $p < 0.05$ ) があることを示す。

RSの効率的な摂取が可能であると示された。Parchureら<sup>16)</sup>は加圧加熱をした米でんぷんが茹で加熱をした米でんぷんに比べてRS含量が高くなることを報告しており、本研究とは異なる結果であった。本研究のRS測定方法において、試料は咀嚼を想定して乳鉢ですり潰して用いた。これにより測定の際に試料の乾燥、粉碎を行っているParchureら<sup>16)</sup>のRS含量の変化とは異なる傾向となった可能性が考えられる。Noroら<sup>17)</sup>は、糊化しない程度の水分量で加熱する湿熱処理を施した米粉が湿熱処理時間に応じてRS含量が増加することを示唆しており、加水量を減らし加熱時間を長くするなど炊飯条件を見直すことで玄米のRS含量が増加する可能性が考えられる。RS含量は炊飯条件の中でも加熱方法の違いによる影響が大きいと思われるが、吸水時間や加熱時間が影響を及ぼしている可能性もあるため、今後は加熱方法だけでなく加水量、吸水時間、加熱時間にも着目し、RS含量との関係を明らかにしていきたい。

次に冷蔵保存が通常炊飯した玄米と玄米粉のRS含量に及ぼす影響について図3に示した。通常炊飯後冷蔵保存した玄米のRS含量は $0.38 \pm 0.04\%$ 、玄米粉のRS量は $0.28 \pm 0.01\%$ であり、炊飯直後からのRS増加率はそれぞれ1.15倍、0.97倍であった。これらの結果に対して形状の違いと冷蔵保存の影響の二要因で二元配置分散分析を行った結果、交互作用が有意( $p < 0.05$ )であることが認められたため、全群において多重比較を行ったところ、冷蔵保存後の玄米のRS含量が最も高く、次いで通常炊飯直後の玄米であった。玄米粉は冷蔵保存してもRS含量に変化はなく玄米に比べて低かった。これらの結果より、玄米を通常炊飯後冷蔵保存することで相乗的にRS

含量が増加すると示された。茹で加熱したじゃがいもは冷蔵保存をすることでRS含量が増加するとの報告があり<sup>18)19)</sup>、本研究結果の通常炊飯した玄米は同様の結果となった一方で、玄米粉は冷蔵保存の影響が見られなかったことから玄米粉として炊飯した後に冷蔵保存してもでんぷんの老化が進みにくくRSの形成が進まなかった可能性が考えられる。

冷蔵保存が加圧炊飯した玄米と玄米粉のRS含量に及ぼす影響について図4に示した。加圧炊飯後冷蔵保存した玄米のRS含量は $0.43 \pm 0.05\%$ 、玄米粉では $0.36 \pm 0.03\%$ であった。加圧炊飯直後からのRS増加率はそれぞれ1.30倍、1.52倍であり、通常炊飯後に冷蔵した場合に比べていずれの試料も顕著に増加が示された。さらに試料の形状の違いと冷蔵保存の影響の二要因で二元配置分散分析を行った結果、RS含量に対する試料の形状の違いに冷蔵保存の影響はいずれも有意( $p < 0.05$ )であったが、交互作用は有意ではなかった。これらの結果より、冷蔵保存後の玄米のRS含量の増加は相乗効果によるものであることが分かった。Yadavら<sup>20)</sup>は、米粉を加圧加熱後に冷却することでRS含量が増加することを報告しており、本研究でも玄米ならびに玄米粉いずれのRSも増加したことから、加圧炊飯は通常炊飯に比べて冷蔵保存でのでんぷんの老化が進みやすくRSの形成が進んだ可能性が考えられたが、RS増加の原因を解明することはできず今後の課題となった。小林ら<sup>21)</sup>の報告で、じゃがいもでんぷんは湿熱処理によりでんぷん粒の崩壊や融合で構造が変化しRSが形成されることが確認されている。老化でんぷんもまた水分が失われることで分子同士が緻密な配列になることから、本研究で加圧炊飯し冷蔵

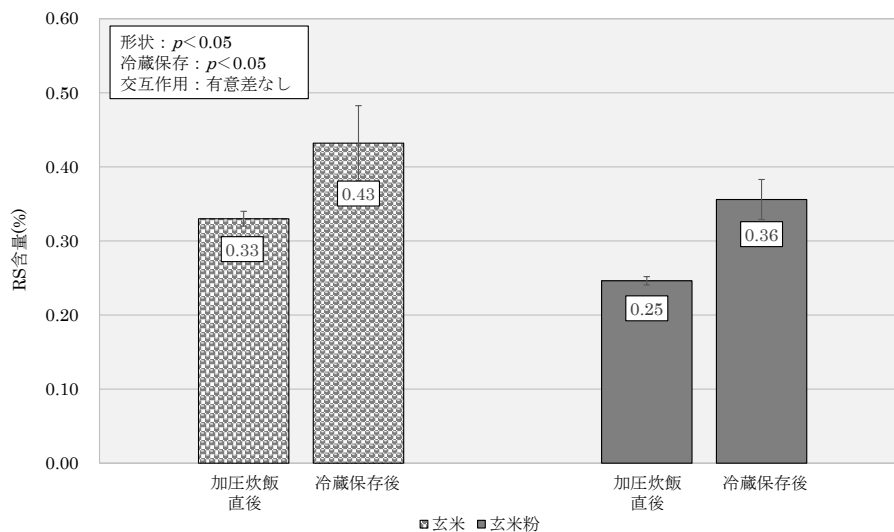


図4 冷蔵保存が加圧炊飯した玄米ならびに玄米粉のRS含量に及ぼす影響  
5回の調製における平均値と標準偏差を示した。

保存した玄米ならびに玄米粉に含まれるでんぷんが湿熱処理でんぷん同様に崩壊や融合によりRSが形成された可能性がある。そのため、今後は加圧炊飯した玄米ならびに玄米粉の組織構造の変化を確認する必要がある。

これらのことから、加圧炊飯や冷蔵保存は玄米のRS含量増加に効果的であることが認められたが、冷えた玄米飯は固く食味が悪いことから実生活では再加熱して食べることが想定されるため、再加熱直後の玄米に含まれるRS含量の検証と再加熱した玄米飯の固さや味などおいしさに対する官能評価が必要である。Parkら<sup>22)</sup>は粳米を蒸し加熱した後に焙煎、籾殻除去、粉碎処理をした玄米粉のRS含量ならびに玄米粉の組織構造を確認しており、同様の処理をした玄米粉に比べて膨潤や糊化が進まずRS含量が高くなることを報告している。このことから、玄米として加圧炊飯、冷蔵保存後に粉碎して調製した玄米粉は、玄米粉として加圧炊飯、冷蔵保存した場合に比べてRS含量が高い可能性が考えられる。今後は玄米粉をパンや菓子製造へ利用することを想定し加熱時間に加え、粉碎するタイミングの影響を確認し、玄米中のRS含量増加に最も効果的な調理条件を明らかにしたい。

#### 【謝辞】

本研究は公益財団法人エリザベス・アーノルド富士財団令和4年度学術研究助成金によって行われたことを付記し、関係者各位に心より感謝いたします。

#### 【参考文献】

- 1) 武田敏, 桐山修八, 「食物繊維」, (印南敏, 桐山修八編), 第一出版株式会社, 59-79, 1995
- 2) 奥恒行, 「食物繊維」, (印南敏, 桐山修八編), 第一出版株式会社, 95-98, 1995
- 3) 厚生労働省, 日本人の食事摂取基準(2020年版), 「日本人の食事摂取基準」策定検討会報告書, 165, <https://www.mhlw.go.jp/content/10904750/000586553.pdf>, 2023.9.14閲覧
- 4) 厚生労働省, 令和元年国民健康・栄養調査結果の概要, 栄養素・食品群別摂取量に関する状況, 1栄養素等摂取量, 37, <https://www.mhlw.go.jp/content/000711006.pdf>, 2023.9.15閲覧
- 5) 青江誠一郎, 大麦βグルカンの機能性について, 日本食生活学会誌, 26(1), 3-6, 2015
- 6) 文部科学省 科学技術・学術審議会資源調査分科会「日本食品成分表 八訂本編集 2023」, 医歯薬出版株式会社, 12-13
- 7) 早川享志, 「食物繊維基礎と応用」(日本食物繊維学会編集委員会編), 第一出版株式会社, 51-52, 2008
- 8) 早川享志, ルミナコイドとしてのレジスタントスターチの機能, 海老原清・早川享志・奥恒行責任編集, ルミナコイド研究のフロンティア—食物繊維・オリゴ糖・レジスタントスターチの最新研究動向—, 建帛社, 233-243, 2010
- 9) 池田倫子, 山中なつみ, 小川宣子, 加熱方法の違いがさつまいもの食物繊維量と物理的性質に及ぼす影響, 日本家政学会誌 71 (11), 719-726, 2020
- 10) 本間 紀之, 赤石 隆一郎, 吉井 洋一, 中村 幸一, 大坪 研一, 米および米加工品における難消化性澱粉含量の測定, 55(1), 18-24, 2008
- 11) 肥後温子, 井部奈生子, 大坪俊輔, 大楠秀樹, 雑穀粉・全粒粉を含む穀粉で作製したクッキー様焼成品の官能評価と力学評価, 日本調理科学会誌, 49(1), 49-57, 2016
- 12) 肥後温子, 大坪俊輔, 大楠秀樹, 井部奈生子, 米粉, 雑穀粉, 全粒粉を含む10種類の穀粉製ケーキ菓子の官能評価, 49 (3), 232-242, 2016
- 13) S. Khoshgozaran-Abras, M. H. Azizi, corresponding, N. Bagheripoor-Fallah, A. Khodamoradi, Effect of brown rice flour fortification on the quality of wheat-based dough and flat bread, *J Food Sci Technol.*, 51(10), 2821-2826, 2014
- 14) Megazyme Ltd, RESISTANT STARCH ASSAY PROTOCOL, K-RSTAR, [https://www.megazyme.com/documents/Assay\\_Protocol/K-RSTAR\\_DATA.pdf](https://www.megazyme.com/documents/Assay_Protocol/K-RSTAR_DATA.pdf), 2023.8.16閲覧
- 15) 早川 享志, 柘植 治人, デンプンの摂取と健康—難消化性デンプンの生理機能—, 日本食物繊維研究会誌, 3(2), 55-64, 1999
- 16) A A Parchure, P R Kulkarni, Effect of food processing treatments on generation of resistant starch, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 48(4), 257-260, 1997
- 17) Wataru Noro, Keiko Morohashi, Sumiko Nakamura, Masaharu Nakajima, Ken'ichi Ohtsubo, Effects of Heat Moisture Treatments on the Digestibility and Physicochemical Properties of Various Rice Flours, *Food Science and Technology Research*, 24( 5), 851-859, 2018

- 18) Raatz, S.K.; Idso, L; Johnson, L.K.; M. I.; Jackson, Combs, G.F. Resistant starch analysis of commonly consumed potatoes: content varies by cooking method and service temperature but not by variety. *Food Chemistry*, 208, 297-300, 2016
- 19) Monro, J, Mishra, S, Blandford, E, Anderson, J., Genet, R, Potato genotype differences in nutritionally distinct starch fractions after cooking and cooking plus storing cool, *Journal of food composition and analysis*, 22, 539-545, 2009
- 20) Yadav B.S., Sharma A., Yadav R.B., Studies on effect of multiple heating/cooling cycles on the resistant starch formation in cereals, legumes and tubers, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60, 258-272, 2009
- 21) 小林 恒夫, 湿熱処理澱粉の膵臓  $\alpha$  - アミラーゼによる分解性と湿熱処理による抵抗性澱粉の生成, *澱粉科学*, 40 (3), 285-290, 1993
- 22) Jiyoung Park, Sea-Kwan Oh, Hyun-Jung Chung, Dong Sun Shin, Induck Choi, Hyun-Jin Park, Effect of steaming and roasting on the quality and resistant starch of brown rice flour with high amylose content, *LWT-Food Science and Technology*, 167(15), 2022