

## 麺の風味形成における抗酸化物質の影響およびESRによるその迅速評価

＜飯島藤十郎記念食品科学振興財団 学術研究助成事業＞

成澤朋之\*

### Effect of Antioxidant Materials in Flavor Formation during Noodle-Making and a Rapid Evaluation Using ESR

NARISAWA Tomoyuki\*

抄録

国内産小麦の麺の風味を形成する要因として、これまでに酸化酵素の関与が示唆されている。しかし、小麦粉中にはこの酵素の作用を阻害する抗酸化物質も存在しているため、生地熟成中におけるその影響を検討した。抗酸化物質であるルテインの含有量は農林61号において最も少なく、生地の4時間熟成後の残存量も農林61号が最少であった。相関分析の結果、揮発性成分生成において小麦粉中のルテインが関与していることが示唆された。また、ラジカル生成の迅速評価手法としてESR測定を行った結果、小麦粉をESR測定に供することにより麺製品の揮発性成分の生成を予測できることが示唆された。

キーワード：揮発性成分，GC/MS，熟成，ESR

#### 1 はじめに

国内産小麦を使用した麺の味・香りに対する消費者のニーズは根強い。これまでの我々の研究<sup>1,2)</sup>において、国内産小麦の香り成分は、生地調製時における小麦粉中の不飽和脂肪酸の酵素的酸化により引き起こされていることが推測された。この酵素的酸化はリポキシゲナーゼ(LOX)の作用により開始されると考えられるが、この酵素活性が麺用小麦品種「農林61号」において顕著に高いことを確認している。一方、一部の品種において、LOX活性が他の品種と同等であったにもかかわらず、ゆで麺における揮発性成分が少ないことが確認された。これは小麦粉中では抗酸化物質であるルテインも存在しているため、ルテインが麺の揮発性成分生成時の酸化分解反応に影響を与えていると考えられる。しかしながら、麺を含む小麦加工製品の揮発性成分生成プロセスへの抗酸化物質の関

与に関する研究事例は少ない。

上記の揮発性成分生成プロセスは、不飽和脂肪酸の酸化反応によって生じる過酸化脂質が介在しているため、不安定中間体として様々なラジカル種が生成していると推測される。ラジカル種の生成量を評価する手法として、電子スピン共鳴(ESR)が広く用いられている。ESRシグナル強度は、酵素的酸化に起因するラジカル生成と、抗酸化物質によるラジカル消去能のそれぞれが影響した値となることが予想され、各種小麦加工製品の揮発性成分との相関が推測される。これらの関係性が解明されれば、GC/MSに代わる揮発性成分生成能の迅速評価手法としてのESRの活用が期待できる。

そこで、国内産小麦の風味を高めた付加価値の高い麺製品開発のため、小麦粉生地調製時の揮発性成分形成プロセスへの抗酸化物質の影響を明らかにするとともに、ESRを用いた小麦粉の揮発性成分特性の迅速評価技術を確立させることを本研

\* 食品プロジェクト担当

究の目的とした。

## 2 実験方法

### 2.1 試料

市販の農林61号(N61)、さとのそら(Sato)、きたほなみ(Kita)、ASWの1等粉(1F)、2等粉(2F)を使用した。

### 2.2 揮発性成分測定

生地調製直後および28℃のインキュベーター内で4時間熟成を行った生地3.0gについて、これらの揮発性成分をGC/MSを用いて分析した。解析は既報<sup>1,2)</sup>の方法により行った。

### 2.3 ルテイン含有量測定

各種小麦粉試料からルテインを抽出し<sup>3)</sup>、高速液体クロマトグラフにより分析を行った<sup>4)</sup>。

### 2.4 ESR測定

小麦粉は650mg、生地は150mgをそれぞれ専用測定セルにとり、ESR測定を行った。ESR分光器はFA100(日本電子(株)製)を用い、室温(25℃)にて測定を行った。

## 3 結果及び考察

GC/MSによる揮発性成分測定の結果、74化合物が検出された。揮発性成分測定結果のPCAスコアプロットを図1に示す。農林61号においてアルデヒド類の生成量が多いことが確認された。また、4時間熟成を行った生地は、アルコール類、アルデヒド類、フラン類が減少し、ピロールが蓄積することが確認された。

ルテイン含有量は、小麦粉試料ではさとのそら1等粉が最も多く、農林61号2等粉が最も少なかった(図2)。また、生地を4時間熟成することで消費され、その含有量が減少することが確認された。熟成後の残存量も農林61号は最も少なかった。

ESR測定の結果、小麦粉試料では農林61号2等粉のシグナル強度が最も大きく、さとのそらやASWの1等粉が最も小さかった(図3a)。生地試料では農

林61号2等粉が最も大きく、きたほなみ1等粉が最も小さかった(図3b)。また、小麦粉試料に対して生地試料では、乾燥重量あたりのシグナル強度が5倍~10倍に増加しており、加水によりラジカルが生成されていることが確認された。これらのピークは、そのg値からアルコキシラジカル由来だと推測された。相関解析の結果(表1)、小麦粉の測定時におけるESRシグナル強度が、揮発性成分生成、熟成中の変化、およびルテイン含有量と相関しており、小麦粉試料をESR測定に供することにより、揮発性成分の生成を総合的に予測できることが示唆された。

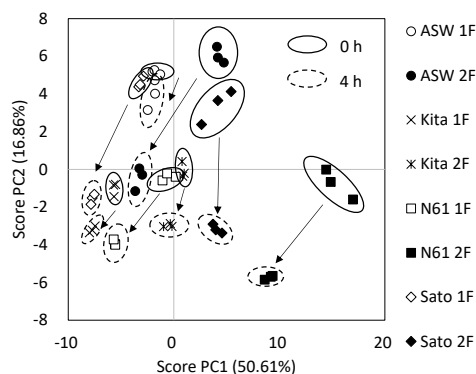


図1 小麦粉生地の揮発性成分分析結果のPCAスコアプロット

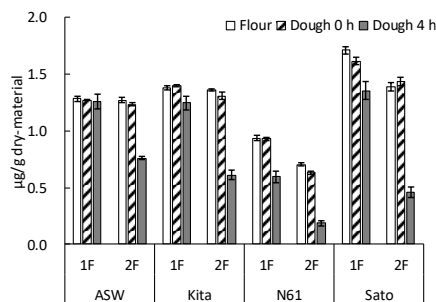


図2 小麦粉試料と生地試料中のルテイン含有量

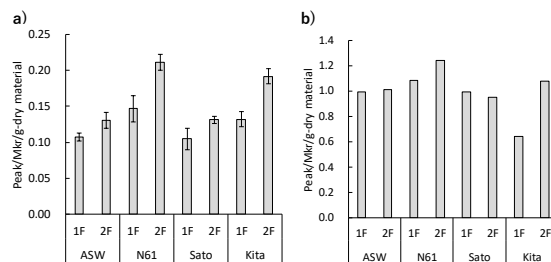


図3 小麦粉試料と生地試料のESRシグナル強度  
a) 小麦粉試料、b) 生地試料

表1 ESRシグナルとルテイン含有量および  
GC/MS測定結果との相関解析Liquid Chromatography in Durum Wheat Grain, *J. Agric. Food Chem.* 50, 6663-6668, 2002

	Lutein			GCMS	
	Flour	Dough 0h	Dough 4h	PC1	PC2
ESR Flour	-0.673	-0.708	-0.786	0.697	-0.680
Dough	-0.566	-0.646	-0.646	0.731	0.003

#### 4 まとめ

農林 61 号における揮発性成分の生成量の多さは、以前から確認されている LOX 活性の高さの他、抗酸化物質であるルテイン含有量の少なさが要因の一つであることが示唆された。また、揮発性成分の生成は、小麦粉を ESR 測定に供することにより予測できることが示唆された。

#### 謝 辞

本研究は公財)飯島藤十郎記念食品科学振興財団による学術研究助成(H31-38)を受けたものです。

#### 参考文献

- 1) Narisawa T., Nakajima H., Umino M., Kojima T., Asakura T., Yamada M.: Volatile Compounds from Japanese Noodles, "Udon," and their Formation during Noodle-Making, *J Food Process. Technol.* 8:11, 2017
- 2) Narisawa T., Nakajima H., Umino M., Kojima T., Yamashita H., Kiribuchi-Otobe C., Yamada M., Asakura T.: Cultivar differences in lipoxygenase activity affect volatile compound formation in dough from wheat mill stream flour, *J. Cereal Sci.*, 87, 231-238, 2019
- 3) Hussain A., Larsson H., Kuktaite R., Olsson M.E., and Johansson E.: Carotenoid Content in Organically Produced Wheat: Relevance for Human Nutritional Health on Consumption. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 12: 14068-14083, 2015
- 4) Hentschel V., Kranl K., Hollmann J., Lindhauer M. G., Böhm V., Bitsch R.: Spectrophotometric Determination of Yellow Pigment Content and Evaluation of Carotenoids by High-Performance