◇◇◇◇ 技術論文 ◇◇◇◇

抗酸化能をもつ糖質系食品素材の製造方法の開発

三輪章志^{1,†}, 中村恵美¹, 小林昭一²

¹ 石川県農業総合研究センター, ² 社団法人菓子・食品新素材技術センター

Development of a Method for Producing a Carbohydrate-Based Food Ingredients with Antioxidant Capacity

Shoji MIWA^{1,†}, Megumi NAKAMURA¹, and Shoichi KOBAYASHI²

¹ *Department of Natural Resources and Food Processing Ishikawa Agricultural Research Center, 295-1 Bo, Saida, Kanazawa 920-3198, Japan*

² *Japan Confectionery and Innovative Food Ingredients Research Center, 1-18-7 Iriya, Taito-ku, Tokyo 110-8687, Japan*

We describe a method for imparting corn starch with antioxidant activity by roasting it with tartaric acid. Carbohydrate-based food ingredients produced by this method were called ANOX sugars. Because of this method, raw food materials used in the production of carbohydrate-based food ingredients have high antioxidant activity in addition to quality, color, and flavor. Different temperatures and durations for roasting with varying amounts of tartaric acid were investigated to obtain the optimal conditions for the production of carbohydrate-based food ingredients derived from corn and rice. This production method confirmed that antioxidant activity increased with roasting temperature. The highest antioxidant activity (28.75 $\mu\text{mol trolox/g}$) was obtained when 5 g of tartaric acid was added to 100 g of carbohydrate-based food ingredient, followed by roasting at 200°C for 180 minutes. ANOX sugars have high antioxidant activity, acidity, and color, and can be used as food ingredients.

Keywords: antioxidant, carbohydrate-based food ingredients, tartaric acid, roasting

1. 緒 言

米やトウモロコシの粉は、製菓、パン、麺、プレミックス、冷凍食品など幅広い分野で利用されている。近年の健康志向の高まりから玄米粉やトウモロコシの外皮も含めて粉碎したホミニー、コーングリッツを利用した加工食品の商品化も増えている。

米やトウモロコシの主成分であるデンプンは、水を加えて加熱することで糊化して多様な物性を得ることができる。この特性は、デンプンの原料となる植物によって多少異なるが、幅広い食品の食感を調整するための原料として利用されている。また、デンプンの生理活性機能は、アミロース含量の高いデンプンでは、難消化性成分の含量が高いため難消化性デンプンやレジスタントスターチとして認知されつつあり、代表的

なものとして、ハイアミロースコーンを原料に製造されているハイアミロースコーンスターチがある [1,2]。最近では、難消化性デンプンを含む米品種も開発され、血糖値の上昇抑制や脂肪蓄積抑制の効果が動物試験により確認されている [3]。

さらに、米に含まれる機能性成分は、主に糠部分に含まれるビタミンEやオリザノール、フェルラ酸などが知られている [4-6]。一方、トウモロコシもビタミンEを含んでいることが知られている [7,8]。また、米、トウモロコシともに、特異な品種としてアントシアニン、 β -カロチン、タンニンなどの抗酸化性を示す色素成分を含む有色品種がある [9-11]。

しかし、これら抗酸化成分の含有量はごく微量であり、米などはそのほとんどが、通常廃棄される糠部分に多く含まれる。そのため、米やトウモロコシの粉さらに、それら穀物から抽出したデンプンにおいては、抗酸化成分の効果が期待できない。

一方で、農水畜産物を原料として生産される加工食品は、その加熱工程や保存中の酸化ないし過酸化反応により酸敗を受けやすいので酸化防止剤が使用されて

(受付 2011 年 3 月 24 日, 受理 2011 年 6 月 13 日)

〒 920-3198 石川県金沢市才田町戊 295-1

〒 110-0013 東京都台東区入谷 1-18-7

† Fax: 076-257-1683, E-mail: s-miwa@pref.ishikawa.lg.jp

いる。従来使用されてきたブチルヒドロキシトルエンやブチルヒドロキシアニソールなどの合成抗酸化剤は、発がん性の疑いがある [12]。このため、ビタミン E、ルチン、フェルラ酸など天然物由来の抗酸化剤の利用が注目されている。しかし、これらも抗酸化活性、利便性及び安全性の全てを満足するものではない [12, 13]。

そこで、加工食品の製造において主たる加工原料として幅広く利用されている米粉およびデンプンなどの糖質系食品素材を加熱処理などの簡便な処理で抗酸化能を付与できれば、加工食品の製造時の加熱工程や貯蔵時における脂質酸化や変色などを防止することができ、加工食品の品質向上や賞味期限の延長などの効果が期待できる。これにより、加工食品への抗酸化剤の添加を削減でき、消費者の食の安全・安心のニーズに対応できる。

以上のことから著者らは、トウモロコシデンプンに酒石酸を添加して焼成することで糖質系食品素材に DPPH ラジカル消去活性、ORAC(oxygen radical absorbance capacity) 法を指標とした抗酸化能を付与できることを明らかとし、ANOX 糖 (抗酸化糖) と命名した [14]。ANOX 糖の製法で得られる糖質系食品素材の特性を検討したところ、pH12 溶液で処理しても抗酸化活性が約 60%維持でき、デンプン分解酵素作用の活性阻害を有していた。また、メラノイジンは、脱色しても脱色前と同程度の抗酸化活性をもつことが報告されており、ほとんど褐変していない酒石酸 ANOX 糖で抗酸化活性が確認されていることと類似している。以上のように、メラノイジンの特性と ANOX 糖の特性が類似していることから ANOX 糖には、メラノイジン様の物質が含まれていると考察している [14-15]。

本研究では、糖質系食品素材としてトウモロコシデンプン、米粉を用いて抗酸化能だけでなく色調、味も食品原料として利用できる抗酸化能をもつ糖質系食品素材が製造可能な最適条件 (酒石酸濃度、焼成温度・時間) を明らかにすることを目的とした。

2. 実 験

2.1 実験材料

2.1.1 糖質系食品素材

米は、平成 20 年産の石川県農業総合研究センターで栽培したコシヒカリの玄米および 90%精米の製粉、および米デンプン (ファインスノウ：上越スターチ社製) を用いた。トウモロコシは、コーングリッツ (フラワーイエロー No. 7：サニーメイズ社製)、トウモロコシデンプン (日食コーンスターチ W：日本食品化工社製) を用いた。

2.1.2 酒石酸

L(+) - 酒石酸 (食品添加物用：キシダ化学社製) を用いた。

2.2 実験方法

2.2.1 ANOX 糖の調整法

一定量の酒石酸 (0, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 20 g) を 30 ml の蒸留水で溶解した酒石酸溶液を糖質系食品素材粉末 100 g に混合した粉末を用意し、この粉末をアルミ製のトレーに 1 cm 厚に敷き詰めた。設定温度 (80 ~ 200℃) に到達した通風乾燥機にトレーを入れ、焙焼時間 (0, 30, 45, 60, 180 分) ごとに取り出した。焙焼後の ANOX 糖をミルで粉碎して、目開き 420 μ m の篩を通した粉を ANOX 糖とした。

対照サンプルとして、①各種糖質系食品素材 (玄米粉、精米粉、米デンプン、コーングリッツ、トウモロコシデンプン)、②各種糖質系食品素材 100 g と酒石酸溶液 (20 g/30 ml 蒸留水) を混合して凍結乾燥した粉末、③各種糖質系食品素材 100 g と蒸留水 30 ml を混合して 170℃で 1 時間焙焼した粉末を試験に供した。

また、ANOX 糖は、④とした。

2.2.2 抗酸化能測定法

ANOX 糖 100 mg に 0.1 M 酢酸緩衝液 (pH=5.0) 50% エタノール液を 9.6 ml 加え、試験管ミキサで 1 分間振とうした後に、遠心分離 (1006 $\times$ g, 5 分間) し上澄みをサンプル液とした。

サンプル液 2.4 ml に DPPH 液を 0.1 ml 添加して、攪拌した。DPPH 液を添加してから 10 分後に吸光度計 (UV-1700：島津製作所社製) で 520 nm の吸光度を測定した。

活性は試料 1 グラム当たりの trolox (μ mol) 相当量として算出した。

2.2.3 ANOX 糖の色調測定法

ANOX 糖粉末を粉末用丸セルに敷き詰め、丸セルを専用のブラックケースにセットして分光色彩計 (SD-5000：日本電色工業社製) を用いて反射測定で L 値を測定した。

2.2.4 酸味の測定法

50 ml 容のプラスチックチューブに ANOX 糖 45 mg を測り取り、蒸留水 45 ml に加えて試験管ミキサで 1 分間振とうした後に、遠心分離 (1006 $\times$ g, 5 分間) し上澄みをサンプル液とした。味覚認識装置 (SA402B：インテリジェントセンサーテクノロジー社製) を用いて酸味を測定した。なお、酸味度測定値は、蒸留水の値を 0 とした。酸味度は、1 以上になると人が舌で味を感じる値となり、酸味度が 1 違うと人の舌で違いがわ

かる差である。

3. 結果および考察

3.1 ANOX糖製造法による糖質系食品素材への抗酸化性付与の有効性

ANOX糖製造法で用いる糖質系食品素材に、酒石酸溶液を混合した後に焙焼する工程の有効性について検討を行った。

各種処理を行った糖質系食品素材の抗酸化能を測定した結果は、Fig. 1に示すとおり、①の試験区である糖質系食品素材のみでも米の素材では、玄米 (1.89 $\mu\text{mol trolox/g}$) > 精米 (0.45 $\mu\text{mol trolox/g}$) > 米デンプン (0.07 $\mu\text{mol trolox/g}$)、トウモロコシの素材では、コーングリッツ (1.13 $\mu\text{mol trolox/g}$) > トウモロコシデンプン (0.14 $\mu\text{mol trolox/g}$) の順で抗酸化能が強いが、最も強い玄米でも trolox 相当量で 1.89 $\mu\text{mol trolox/g}$ と通常の食品の抗酸化剤として利用されるビタミン C や E に比べ非常に弱かった。また、②の試験区である糖質系食品素材に酒石酸溶液を混合して凍結乾燥した場合は、玄米 (2.26 $\mu\text{mol trolox/g}$) > 精米 (0.66 $\mu\text{mol trolox/g}$) > 米デンプン (0.16 $\mu\text{mol trolox/g}$)、トウモロコシの素材では、コーングリッツ (1.06 $\mu\text{mol trolox/g}$) > トウモロコシデンプン (0.17 $\mu\text{mol trolox/g}$) の順で抗酸化能が強く、米の素材では、①の試験区に比べ約 1.5 倍抗酸化能が強まったが、トウモロコシの素材では、ほとんど変化がなかった。次に、③の試験区である糖質系食品素材に蒸留水 (15 ml) を混合して 170℃ で 1 時間焙焼した場合は、玄米 (1.80 $\mu\text{mol trolox/g}$) >

Fig. 1 Imparting antioxidant activity in carbohydrate-based food ingredients by various processes. ① Carbohydrate-based food ingredient. ② Carbohydrate-based food ingredient 100 g, tartaric acid 20 g, and distilled water 30 ml were mixed and freeze-dried. ③ Carbohydrate-based food ingredient 100 g and distilled water 30 ml were mixed and roasted at 170℃ for 60 minutes. ④ Carbohydrate-based food ingredient 100 g, tartaric acid 20 g, and distilled water 30 ml were mixed and roasted at 170℃ for 60 minutes.

精米 (1.03 $\mu\text{mol trolox/g}$) > 米デンプン (0.27 $\mu\text{mol trolox/g}$)、トウモロコシの素材では、コーングリッツ (2.27 $\mu\text{mol trolox/g}$) > トウモロコシデンプン (0.39 $\mu\text{mol trolox/g}$) の順で抗酸化能が強かった。値としては、コーングリッツが最も強いが、①の試験区に比べて抗酸化能が向上したのは、米デンプンの 3.8 倍であった。最後に、④の試験区である ANOX 糖製造法で調製した場合は、玄米 (4.57 $\mu\text{mol trolox/g}$) > 精米 (4.06 $\mu\text{mol trolox/g}$) > 米デンプン (3.72 $\mu\text{mol trolox/g}$)、トウモロコシの素材では、トウモロコシデンプン (3.80 $\mu\text{mol trolox/g}$) > コーングリッツ (3.72 $\mu\text{mol trolox/g}$) の順で抗酸化能が強く、どの糖質系食品素材においても最も抗酸化能が高かった。

さらに、我々は、酒石酸のみを焼成した場合には、抗酸化能が全く認められないことを確認している [14]。

以上の結果より、糖質系食品素材に抗酸化能を付与するのに最も効果的なのは、ANOX 糖製造法であることが明らかとなった。

しかし、糖質系食品素材の色調は、Fig. 2 に示すように ANOX 糖製造法を用いることで全ての糖質系食品素材において明度が低下して色調が悪くなった。明度の低下の程度は、米デンプンやトウモロコシデンプンで少なく、玄米粉、精米粉およびトウモロコシ粉で顕著であることから、タンパク質や脂質などの成分の影響による変色が原因であると考えられる。

3.2 各種糖質系食品素材の焙焼温度による抗酸化能付与の消長

ANOX 糖製造法により、糖質系食品素材に抗酸化能が効率よく付与される事が明らかとなったので、焙焼温度による抗酸化能の付与効果を検討した。すなわち、酒石酸の添加量 (20 g) と焙焼時間 (1 時間) を一定にして、焙焼温度を 80~200℃ の範囲内で 10℃ ごとに検討した。

その結果、Fig. 3 に示すとおり、抗酸化能は、150℃ まではほとんど抗酸化能が付与されなかったが、160℃

Fig. 2 Brightness changes in carbohydrate-based food ingredients by various processes. Symbols and numbering are as described in Fig. 1.

から抗酸化能が付与されるようになり, 170℃以上の焙焼温度で全ての糖質系食品素材において, 付与される抗酸化能が急激に向上した。

また, 糖質系食品素材ごとの抗酸化能は, 170℃までは, 玄米粉>精米粉>コーングリッツ>トウモロコシデンプン>米デンプンの順であったが, 180℃からは,

Fig. 3 Effect of different roasting temperatures on antioxidant activity of ANOX sugar. ANOX sugar: Carbohydrate-based food ingredient 100 g, tartaric acid 20 g, and distilled water 30 ml were mixed and roasted at each temperature for 60 minutes.

米デンプン, トウモロコシデンプンの抗酸化能が急激に増加した。その結果, 焙焼温度 180~200℃では, 米デンプン>トウモロコシデンプン>コーングリッツ>精米粉>玄米粉の順で抗酸化能が高く, 最も抗酸化能が高い焙焼温度 200℃の米デンプンでは, 31.48 $\mu\text{mol trolox/g}$ であった。

以上の結果より, 糖質系食品素材への抗酸化能付与については, 焙焼温度が高いほど付与できる抗酸化能が向上することが確認できた。ただし, 焙焼温度が 200℃より高いと炭化が進み食品素材として不適切であるだけでなく, 抗酸化能も下落した。

3.3 抗酸化能の高付加条件の検討

ANOX 糖製造法において, 糖質系食品素材に付与する抗酸化能の程度が異なることが確認できたため, 抗酸化能を付与しやすく, 価格が安いトウモロコシデンプンを糖質系食品素材として選択して ANOX 糖製造法における酒石酸添加量 (0~20 g), 焙焼温度 (170~200℃), 焙焼時間 (0~180 分) を組み合わせて最も抗酸化能を付与できる ANOX 糖製造法の条件を検討した。

その結果, Fig. 4 に示すとおり, 焙焼温度が 170~

Fig.4 Antioxidant activity at different processing conditions of the ANOX-sugar. Roasting time(min.): ■ 0 ■ 30 ■ 45 ■ 60 ■ 180

Fig.5 Acidity at different processing conditions of the ANOX-sugar. Roasting time(mini.): ■ 0 ■ 30 ■ 45 ■ 60 ■ 180

180℃までは、酒石酸添加量に関わらず焙焼時間が長いほど抗酸化能が高かった。しかし、焙焼温度 190℃では、酒石酸添加量 10 g に限って、焙焼時間 60 分が最も抗酸化能が高く、焙焼温度 200℃では、酒石酸添加量 10～20 g で焙焼時間 45 分が最も抗酸化能が高かった。さらに、焙焼温度が 170～180℃では、焙焼時間 180 分、焙焼温度 190℃では、焙焼時間 45～180 分において、酒石酸添加量 10 g が最も抗酸化能が高かった。焙焼温度 200℃では、焙焼時間 45～60 分で酒石酸添加量 10 g、焙焼時間 180 分で酒石酸添加量 5 g が最も抗酸化能が高かった。すなわち、酒石酸添加量には、最も抗酸化能を付与できる適正量が存在することが認められた (Fig. 4)。

全ての製造条件の中で抗酸化能が 25 $\mu\text{mol trolox/g}$ 以上であったのは、次の 3 条件であった。(1) 焙焼温度 190℃、焙焼時間 60 分、酒石酸添加量 10 g で抗酸化能 26.93 $\mu\text{mol trolox/g}$ 、(2) 焙焼温度 200℃、焙焼時間 45 分、酒石酸添加量 10 g で抗酸化能 26.83 $\mu\text{mol trolox/g}$ 、(3) 焙焼温度 200℃、焙焼時間 180 分、酒石酸添加量 5 g で抗酸化能 28.75 $\mu\text{mol trolox/g}$ であった。このうち最も高い抗酸化能を付与できたのは、(3) の条件であった。

3.4 加工原料として適する ANOX 糖製造法の条件解明

糖質系食品素材にトウモロコシデンプンを用いて、

ANOX 糖製造法の焙焼温度、焙焼時間、酒石酸添加量の組み合わせにより、糖質系食品素材に付与される抗酸化能を調整が可能であることを明らかにした。しかし、焙焼温度や時間によって ANOX 糖の色調が褐変したり、

Fig. 6 Correlation between degree of acidity and brightness with different processing conditions ANOX-sugars. Antioxidant activity ($\mu\text{mol trolox/g}$): $\triangle$ Less than 1, $\circ$ More than 1 less than 10, $\blacktriangle$ More than 10 less than 15, $\blacksquare$ More than 15 less than 20, $\bullet$ More than 20. $\cdots$: Limit for acidity, — : Brightness limit of low quality, --- : Brightness limit of high quality. (○) : The process conditions of Anox-sugar can be used as raw for food processing

酒石酸添加量が増えることで酸味が強くなる。そこで、各種製造条件で調製した ANOX 糖の酸味と色調を測定して、ANOX 糖の品質を評価した。

その結果、Fig. 5 に示すように酒石酸添加量が多いほど酸味度が高い傾向であるが、焙焼温度が高く、焙焼時間が長いと酒石酸量が多くても酸味度が高くない傾向が認められた。この傾向が認められるのは、焙焼温度 170℃では、焙焼時間 180 分、180～190℃では、60 分以上、200℃では、45 分以上の焙焼時間であった。ANOX 糖の色調（明度）は、Fig. 6 に示すように抗酸化能が 10 $\mu\text{mol trolox/g}$ 以下では、1 製造条件を除いて全て明度が 80 以上であった。抗酸化能が 10 $\mu\text{mol trolox/g}$ 以上 15 $\mu\text{mol trolox/g}$ 未満の範囲では、明度は 56～83 の範囲であった。さらに、抗酸化能が 15 $\mu\text{mol trolox/g}$ 以上では、明度は 28～79 の範囲であった。このことから、抗酸化能が高い ANOX 糖ほど褐変の程度が大きいことが認められた。

加工原料として適する ANOX 糖は、原料となる糖質系食品素材に比べ一定程度抗酸化能が強く、色調が白に近く、酸味が弱い特徴を持つと考えられ、その要件を満たす製造条件の絞り込みを適正な抗酸化能、明度および酸味度を定めて Fig. 6 から判断した。

すなわち、抗酸化能は、原料の糖質系食品素材として用いているトウモロコシデンプンの抗酸化能が 0.14 $\mu\text{mol trolox/g}$ であることからその 100 倍近い 10 $\mu\text{mol trolox/g}$ 以上、明度は、Fig. 7 で示すように褐変が肉眼で明確に判別できる明度 60 より高い値、酸味度は、共同研究に参画しているメンバーによる官能試験の結果から、焙焼温度 180℃、焙焼時間 180 分、酒石酸添加量 1 g の条件で調製した ANOX 糖の酸味度 10.70 以下と決めた。抗酸化能、明度、酸味度の各条件を満たす ANOX 糖製造条件として、① 200℃180 分酒石酸 1 g、② 200℃180 分酒石酸 0.5 g、③ 190℃180 分酒石酸 1 g

の 3 条件が該当した。

それぞれの製造条件による ANOX 糖の特徴は、①抗酸化能 22.46 $\mu\text{mol trolox/g}$ 、明度 65.53、酸味度 8.07、②抗酸化能 10.16 $\mu\text{mol trolox/g}$ 、明度 78.81、酸味度 6.68、③抗酸化能 10.47 $\mu\text{mol trolox/g}$ 、明度 82.71、酸味度 10.51 であった。

抗酸化能の強さは、①が最も強いが、色調が他の二つに比べ褐変が進んでいるため、利用範囲が限定される。それに比べ②、③の製造条件は、抗酸化能が①に比べ半分以下になるが、色調や酸味度が良好であり加工原料として利用範囲が広いと考えられる。

以上の結果より、①～③の製造条件が、加工原料として適する ANOX 糖製造法の条件と考えられた。

本研究で開発した ANOX 糖の食品製造における利用について考察する。ANOX 糖は、米粉およびデンプンなどの糖質系食品素材を主原料としているため、その糊化特性をラピッドビスコアライザで評価したところ、加熱による粘度変化がほとんど観察されなかった。これは、原料の米粉やデンプンとは全く異なる糊化特性であり、デキストリンなどのデンプン加水分解物に近いものであった。この結果より、ANOX 糖の主原料である糖質系食品素材中のデンプンは、加水分解および水不溶化したと考えられた [15]。

このような ANOX 糖の特性は、加工食品に添加した場合にデンプン糊化による粘度上昇を示さないので幅広い用途に利用可能な、抗酸化剤の代替となる抗酸化能をもつ糖質系食品素材と考えられる。その用途としては、ドーナツなどの油脂含量が高い加工食品の自動酸化抑制や防災用乾パンなどの貯蔵用食品における自動酸化抑制などが期待できる。

具体的にイーストドーナツへの利用を想定すると、一般的にイーストドーナツ 100 g には、抗酸化能をもつビタミン E が 3.4 mg 含まれている [16]。そのビタミン E を抗酸化活性が最も強い α -トコフェロールの抗酸化能 (460 $\mu\text{mol trolox/g}$) に換算するとイーストドーナツ 100 g に添加されたビタミン E の抗酸化能は、約 1.56 $\mu\text{mol trolox/g}$ となる [17-18]。これを本研究で開発した製造条件で最も抗酸化能が低い②の ANOX 糖 (抗酸化能 10.16 $\mu\text{mol trolox/g}$) に置き換えて添加した場合は、イーストドーナツ 100 g に約 0.15 g の ANOX 糖を添加すればよいことになる。この程度の添加であれば、ドーナツの食感、色、味に影響を及ぼすことなく製造が可能と考えられる。

このようなことから、現在、我々は、石川県産業創出支援機構の活性化ファンド予算を受けて、防災用乾パン企業と共同で簡易包装でも長期貯蔵可能な米粉乾パンの商品開発研究を米粉 ANOX 糖添加により検討している。

Fig. 7 Brightness at different processing conditions of the ANOX-sugar. (○): The process conditions of Anox-sugar can be used as raw for food processing

4. 謝 辞

本研究は、平成20年度(財)すかいらーくフードサイエンス研究所学術研究助成により行われたものである。

引 用 文 献

- 1) R. Ando; "New processing and utilization technologies and characteristics of corn (Konsutachi no tokusei to shinkakou,riyo gijyutu)" Gekkan fudokemikaru, Tokyo, Japan, 2007, pp. 19-22.
- 2) K. Nishikawa; "Science of Functional Foods" (in Japanese) In Tech Information s. c. Ltd., Tokyo, Japan, 2008, pp.505-508.
- 3) A. Kubo, G. Akdogan, M. Nakaya, A. Shojo, S. Suzuki, H. Satoh, S. Kitamura; Structuer, Physical, and Digestive Properties of Starch from wx ae Double-Mutant Rice. J. Agric. Food Chem., **58**, 4463-4469(2010).
- 4) R. Hirose; "For its use and functionality of polyphenols and vitamin (Poripyenoru oyobi a Bitamin no Kinosei to sonoriyo nitsuite)", Japan food industry center, Tokyo, Japan, 2006, pp.33-56.
- 5) T. Okada, N. Yamaguchi; Antioxidative Effect and Pharmacology of Oryzanol(in Japanese). J. Jpn. Oil Chem. Soc., **33**, 305-310 (1983).
- 6) H. Taniguchi;Ferulic acid produced from rice bran and its application to cancer chemopreventive agents(in Japanese). Breeding Research, **4**, 24-27 (2002).
- 7) H. Tozawa; "Corn (Tomorokoshi)" Nobunkyo, Tokyo, Japan, 2005, pp.345-353.
- 8) H. Saneoka, N. Honda; Changes in Phytic Acid-P and Phosphorus Compounds with the Maturity of Maize Grain. Grassland Science, **49**, 425-529 (2003).
- 9) H. Tozawa; "Corn (Tomorokoshi)" Nobunkyo, Tokyo, Japan, 2005, pp. 146-147.
- 10) T. Itani, H. Tatemoto, M. Okamoto, K. Fujii, N. Muto; A Comparative Study on Antioxidative Activity and Polyphenol Content of Colored Kernel Rice(in Japanese). J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol., **49**, 540-543 (2002).
- 11) K. Higashi-Okai, E. Ishida, Y. Nakamura, S. Fujiwara, Y. Okai; Potent Antioxidant and Radical-Scavenging Activities of Traditional Japanese Cereal Grains. J. UOEH, **30**, 375-389 (2008).
- 12) Soda Aromatic Co., Ltd.; "Antioxidant substance (Kosankazai)", (in Japanese), Japanese Patent Disclosure P2002-161042A (2002).
- 13) H. Shimabayashi, H. Tanaka; Natural Antioxidant Preparation "SANMELIN Series" (in Japanese). Foods & Food Ingredients J. Jpn., 216, 77-83 (2011)
- 14) S. Miwa, M. Nakamura, M. Okuno, H. Miyazaki, J. Watanabe, Y. Ishikawa(Takano), M. Miura, N. Takase, S. Hayakawa, S. Kobayashi; Production of starch having antioxidative activity by baking starch with organic acids, Biosci. Biotechnol. Biochem., in press.
- 15) M. Miura: Evaluation of physicochemical properties of saccharide food ingredients (ANOX sugar) (in Japanese). Annual Report of Study for Food, **22**, 127-136 (2009)
- 16) Y. Kagawa; "Standard Tables of Food Composition in Japan 2004 (Gotei Syokuhin Seibun Hyou 2004)" , Jyoshieiyo daigaku syuppanbu, Tokyo, Japan, 2004, p.223.
- 17) Y. Kagawa; "Standard Tables of Food Composition in Japan 2004 (Gotei Syokuhin Seibun Hyou 2004)", Jyoshieiyo daigaku syuppanbu, Tokyo, Japan, 2004, p.18.
- 18) Japan Food Research Laboratories; Comparison of antioxidative activities of various foods (in Japanese). JFRL News, **32**, 1-4(2003).

和 文 要 旨

加工食品は、加熱工程や保存中に酸敗を受けやすいので抗酸化剤が使用される。しかし、天然物由来の抗酸化剤であっても利便性や安全性を完全に満足していない。そこで、加工原料として広く利用されている糖質系食品素材に酒石酸を添加して加熱処理だけで簡便に抗酸化能を付与できる技術を開発し、ANOX糖と命名した。ANOX糖を製造すると糖質系食品素材の抗酸化能が向上すると同時に、素材の褐変や酸味など食品素材として不適な特徴も付与される。本研究では、これらの加工原料として不適な特徴をできるだけ押さえて抗酸化能を向上させるANOX糖製造条件を検討した。その結果、特性として抗酸化能が10 μmol trolox/g以上、素材色調が明度60以上、酸味度が10.7以下のANOX糖が得られる製造条件として、①200℃,180分酒石酸1g, ②200℃,180分酒石酸0.5g, ③190℃,180分酒石酸1gの3条件を見出した。