

ヤーコン塊根汁液の清澄化、脱色、脱臭及び成分吸着に及ぼす 粉末活性炭処理の影響†

本堂正明・中野敦博*・宇野豊子・奥村幸広・山木 携

Effects of Activated Carbon Powder Treatments on the Clarification, Decolorization, Deodorization and Adsorption of Yacon Juice Components (Studies on the Development of Sweetener Sources for Seasonings, Part III)

Masaaki HONDO, Atsuhiko NAKANO*, Toyoko UNO, Yukihiro OKUMURA and Tazusa YAMAKI

Six activated carbon powders, SD, BA, TW, ZN, TA and KA, were tested for their ability to clarify, decolor, deodorize and adsorb various yacon juice components. Each activated carbon powder was evaluated at concentrations of 0, 1, 2, 3, 4 and 5%. The ZN and TA activated carbon powders, which had the largest bulk volumes of all tested powders, were most effective; producing nearly colorless, transparent and odorless juices at concentrations of 2% to 3% relative to the yacon juice. ZN and TA adsorptiveness of soluble solids and polyphenolic substances was higher than that of the SD, BA, TW and KA powders. Although the absorption of fructooligosaccharides was selectively high, soluble sugars, fructose and glucose, were nearly impervious to adsorption. The adsorption of sucrose was also found to be low.

ヤーコンは塊根中に低う蝕性、難消化性、ビフィズス菌選択利用性などの機能性を有するフラクトオリゴ糖を多量に含有するキク科作物である。最近、ヤーコンは疾病予防や健康維持増進に効果のある新規の健康野菜として注目され、生食用として需要が増大している。これを利用するには、塊根の貯蔵性が悪いことや、貯蔵中に機能性オリゴ糖が減少するなどの欠点をもつことから¹⁾、収穫後の迅速処理が必要である。一方、生産量の増大から用途拡大として、新たに加工用食品素材としての開発が望まれている。しかし、塊根中の酸化酵素により汁液は緑茶褐色を呈すること、また汁液は濁り、根菜特有の青臭みがあることなどから、加工に適しているとはいいがたい。前報²⁾では、汁液の脱色、清澄化及び脱臭の検討を行い、粉末活性炭処理で、ほぼ青臭みのない無色透明の汁液が得られたことを報告した。しかし、使用する粉末活性炭の種類や銘柄によって、清澄化や脱色の程度、

必要な活性炭の添加量及び汁液成分の吸着性や吸着力が異なるものと考えられる。そこで、本報では、粉末活性炭の使用料の軽減と清澄化、脱色及び脱臭に、より効果のある粉末活性炭を見いだすこと及び活性炭による成分の吸着性を検討した。以下その結果を報告する。

実験方法

1. 材料

1990 (平成2)年11月と1991 (平成3)年11月収穫の置戸町産ヤーコン塊根を供試材料とした。これを洗浄後凍結保存した。

2. 汁液の調製

汁液の調製法は前報²⁾に従った。得られた汁液を使用するまで凍結保存した。可溶性固形分と糖質成分の分析には91年産汁液を用い、その他の分析には90年産汁液を用いた。

† 甘味調味食品素材の開発に関する試験研究 (第3報)

* 北海道立オホーツク圏地域食品加工技術センター
(〒090 北見市大正 353 番地 19)

3. 供試粉末活性炭

6種類の粉末活性炭を用いた。北越炭素工業製粉末活性炭4種類の銘柄名、特性及び用途を以下に記す。SDは最高純度、高吸着能の活性炭で医薬用である。BAは高純度、ろ過性良好の活性炭で清酒・醸造用や脱色・精製用である。TWは精製炭を用いたろ過性良好の活性炭で、主に汎用工業薬品の精製用である。ZNはマクロポーアを有する脱色力の優れた活性炭で糖等の脱色用である。他の2種類は武田薬品工業製の清酒脱色洗浄用（以下、TAと略記）及び関東化学製市販試薬（以後、KAと略記）の粉末活性炭である。

4. 粉末活性炭のかさ容積

50 ml 容目盛り付きメスシリンダーを用いた。これをタップしながら、粉末活性炭を10 mlの目盛りまで、できるだけ隙間ができないように、密に充填した。単位体積当たりの粉末活性炭の重量としてみかけ密度 (apparent density ; g/ml) を求め、その値の逆数をかさ容積 (bulk volume ; ml/g) とした。

5. 汁液の活性炭処理

汁液に対して1, 2, 3, 4及び5%となるように、100 ml 容ビーカーに活性炭粉末0.5, 1.0, 1.5, 2.0及び2.5 gとり、それぞれ汁液50 mlを添加した。これらを室温で、スターラ上で1時間攪はん後、No.5Cのろ紙でろ過した。得られた各ろ液を官能審査と各種分析用試料に供した。

6. 分析方法

(1) 水分、全窒素、灰分、可溶性固形分、pH及び吸光度
水分、全窒素、灰分、可溶性固形分及びpHの測定は前報²⁾に準じた。吸光度は分光光度計を用いて、420 nmの波長で測定した。

(2) ホルモール態窒素

ホルモール滴定法³⁾により、自動滴定装置 (TOA Auto TITRATOR HSM-10 A) を用いて測定した。すなわち、100 ml 容ビーカーに試料5 mlをとり、蒸留水を加えて25 mlとした後、1/10 N-水酸化ナトリウム溶液を滴下し、pH8.5に調整した。これにpH8.5調整ホルマリン溶液20 mlを添加し、反応の結果、低下したpHを1/10 N-水酸化ナトリウム溶液で8.5になるまで滴定した。滴定値からホルモール態窒素を算出して、試料100 ml中のグラム重量として求めた。

(3) 全ポリフェノール含量

全ポリフェノール含量の測定はSingleton & Rassiらの報告を一部改変した米山らの方法⁴⁾によった。すなわち、蒸留水で2倍に希釈したフェノール試薬 (和光純

薬製) 0.5 mlに、試料0.5 ml, 0.4 M 炭酸ナトリウム溶液2.5 mlを添加して、50°C, 5分間反応させた後、ただちに流水中で冷却し、765 nmの吸光度を測定した。標準物質として没食子酸を用い、同様にして求めた検量線より、全ポリフェノール含量を定量した。

(4) 高速液体クロマトグラフィによる糖質分析

使用した高速液体クロマトグラフィ (以下、HPLCと略記) 装置と分析操作条件は前報¹⁾に従った。注入試料は0.45 µmのメンブランフィルターで精密ろ過したろ液を適宜希釈して用いた。また標準試薬はフラクトース、グルコース、シュクロース(2糖)、1-kestose(3糖)、ニストース(4糖、酪農学園大学製)を用い、これらの混合溶液より、そのつど検量線を作成して、試料中の糖質含量を測定した。ただし、5糖、6糖、7糖及び8糖のフラクトオリゴ糖含量については、ニストースの検量線を使用して求めた。

(5) 香気成分の分離及び濃縮とガスクロマトグラフィによる香気分析

i) 香気成分の分離及び濃縮

未処理汁液と粉末活性炭処理汁液の香気成分プロファイルをガスクロマトグラフィ (以下、GLCと略記) 法で比較するため、下田らの報告したポラパックQカラム法⁵⁾を用いた。香気成分の分離及び濃縮法は、坂本ら⁶⁾の方法に準じた。ポラパックQ充填剤(50~80メッシュ、Waters製)をガラスカラム(内径Φ20 mm, 長さ10 cm)に充填し、ジエチルエーテル100 ml, メタノール50 ml, 蒸留水50 mlの順で洗浄してカラムを調製した。次に、100 mlの試料液(未処理汁液試料の場合には、遠心分離して沈殿物を除去した汁液を用いた。)を、カラムに流し、香気成分を吸着させた後、蒸留水で洗浄した。その後、カラムに吸着された香気成分をジエチルエーテル50 mlで抽出した。抽出操作は室温で行い、抽出液に内部標準液として1%シクロヘキサノール水溶液10 µlを添加し、無水硫酸ナトリウム溶液で脱水後、40°Cの恒温水槽中で約500 µlまで濃縮した。カラムの再生はメタノール50 ml, 続いて、蒸留水で50 mlを流して行った。なお、吸着、抽出及び再生の操作はいずれも、300 ml容のシリンジを用いて空気で加圧しながら迅速に行った。

ii) GLCによる香気分析

GLCによる分析条件は坂本らの報告⁶⁾に準じた。GLC装置はSHIMADZU製で本体はGC-14 A, データ処理装置は、クロマトパックCR-4 A, 検出器はFIDを使用した。キャピラリーカラムはCBP-20(SHIMADZU製, PEG-20 M相当品, 30 m×0.32 mm I.D., 膜厚, 0.25

μm) を用いた。試料は 1 μl を注入した。試料注入口温度は 230°C, カラム温度は 50°C から 230°C まで, 3°C/分 で昇温した。キャリアーガスはヘリウムガスを使用し, スプリット比 1/20, カラム内線速度は 30 cm/秒とした。

7. 官能審査

未処理汁液の色, 香り及び濁りを基準にして, 活性炭処理汁液の色 (ほとんど脱色されていない, 少し色が残っている, ほぼ無色である), 香り (ほとんど脱臭されていない, 青臭さが残っている, ほぼ無臭である) 及び濁り (濁りがとれてない, 濁りが多少ある, ほぼ透明である) をそれぞれ, 3段階の基準で判定した。

実験結果と考察

1. 汁液の可溶性固形分及び糖質成分

Table 1 に使用汁液の可溶性固形分と糖質成分を示した。ヤーコン汁液の可溶性固形分 (brix% で示す) 及び糖質組成は栽培条件, 収穫時期, 貯蔵条件, 搾汁率や処理量などで異なると考えられるが, 今回用いた試料では, 可溶性固形分は 17% 及び 14% と差があった。フラクトオリゴ糖含量のトータル量は 90 年産では 5.8% (糖全体に対する比率では 40%), 91 年産では 5.4% (44%) で

Table 1 Brix% and soluble sugar content in yacon juices tested

brix% and soluble sugars present	content (%)	
	yielded in 1990	yielded in 1991
brix%	17.0	14.0
fructose	5.0	4.1
glucose	2.7	1.9
sucrose	0.9	0.8
1-kestose	1.6	1.6
nystose	1.9	1.8
pentasaccharide	1.3	1.0
hexasaccharide	0.5	0.5
heptasaccharide	0.3	0.3
octasaccharide	0.2	0.2

Soluble sugars were measured by HPLC analysis. Each penta-, hexa-, hepta- and octasaccharide content was calculated as nystose from HPLC analysis.

あった。

2. 使用粉末活性炭のかさ容積

Table 2 に各粉末活性炭のかさ容積を示した。かさ容積が 3 以上の ZN 及び TA とそれ以下の SD, TW, BA 及び KA の二つのグループに分けられた。ZN と TA はかさ容積の大きい粉末活性炭と考えられた。

Table 2 Bulk volume of activated carbon powders

varieties	bulk volume (ml/g)
SD	2.5
BA	2.7
TW	2.5
ZN	3.1
TA	3.6
KA	2.4

3. 汁液の澄清化, 脱色, 脱臭及び成分吸着に及ぼす各粉末活性炭処理の影響

(1) 吸光度

Fig.1 に吸光度に及ぼす粉末活性炭の種類と添加量の影響を示した。明らかに粉末活性炭の脱色力に差が認められた。ZN と TA 処理では, ほぼ 2~3% の添加で, ほとんど無色透明となった。他の 4 つの活性炭に比べ, 脱色力が強く, 添加量が少ないところでも効果があった。KA の処理では, 5% 添加にもかかわらず, 完全には脱色されなかった。

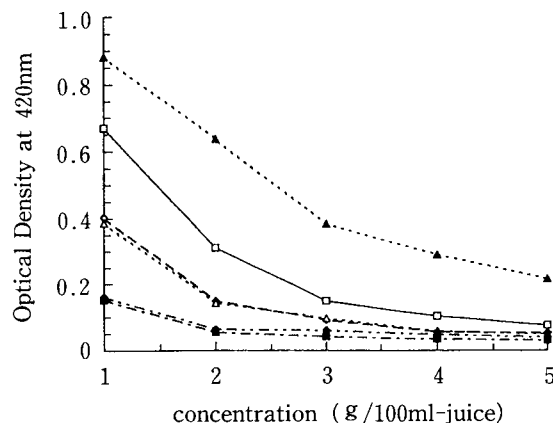


Fig.1 Effect of activated carbon powder treatments on absorption of yacon juice
□; SD, ◇; BA, △: TW, ■: ZN, ◆: TA, ▲: KA

(2) 水分, 全窒素及び灰分

Table 3 に汁液の水分, 全窒素及び灰分含量に及ぼす粉末活性炭の種類と添加量の影響を示した。水分含量はいずれの活性炭処理も固形分が吸着されて除去されるため増加した。全窒素含量は, 5% 粉末活性炭処理では, 未処理試料より 34~45% 吸着されて減少した。その中で, 3% と 5% の活性炭処理では ZN と TA 処理では吸着率に変化がなかったが, 他の 4 つの処理では, 3% より 5% で更に吸着されて全窒素含量が減少した。灰分含量は,

Table 3 Effect of activated carbon powder treatments on moisture, total nitrogen and ash contents in yacon juice

concentration (g/100ml-juice)	varieties	moisture(%)	total nitrogen(%)	ash(%)
0	—	83.3	0.125(100)	0.73
3	SD	84.5	0.080(64)	0.73
	BA	84.3	0.082(66)	0.71
	TW	84.4	0.083(66)	0.70
	ZN	84.5	0.083(66)	0.72
	TA	84.8	0.082(66)	0.75
	KA	84.6	0.078(62)	0.70
5	SD	84.9	0.075(60)	0.69
	BA	84.6	0.077(62)	0.72
	TW	84.8	0.074(59)	0.73
	ZN	85.1	0.082(66)	0.73
	TA	85.4	0.083(66)	0.72
	KA	85.2	0.069(55)	0.70

ほぼ変化がなく、活性炭処理により吸着されないと考えられた。

(3) ホルモン態窒素

Table 4 にホルモン態窒素含量に及ぼす粉末活性炭の種類と添加量の影響を示した。いずれの活性炭処理とも、処理後のホルモン態窒素含量に変化がなく、粉末活性炭処理により吸着されないものと考えられた。Table 2 から、全窒素含量では、34%~45%の窒素成分が吸着されていることから、非アミノ態窒素が活性炭

Table 4 Effect of activated carbon powder treatments on formol nitrogen content in yacon juices

concentration (g/100ml-juice)	varieties						(%)
	SD	BA	TW	ZN	TA	KA	
1	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	
2	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	
3	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	
4	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	
5	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	

juice without treatment; 0.04

処理により吸着されているものと考えられた。

(4) 可溶性固形分

Fig.2 に可溶性固形分に及ぼす粉末活性炭の種類と添加量の影響を示した。可溶性固形分は活性炭添加量の増加に伴い、いずれの粉末活性炭処理の場合も低下した。

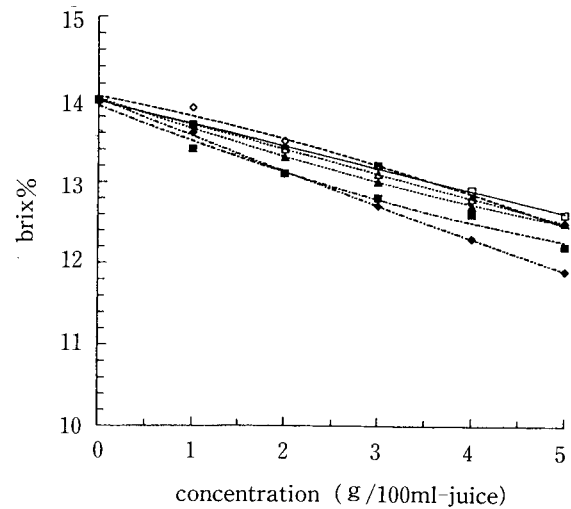


Fig.2 Effect of activated carbon powder treatments on soluble solids (brix%) in yacon juice

□; SD, ◇; BA, △: TW,
■: ZN, ◆: TA, ▲: KA

その中で、可溶性固形分の低下曲線のパターンから、特徴的には2つのグループに分けられた。一つはZN及びTAのグループと、二つはSD, TW, BA及びKAのグループで、前者が比較的、可溶性固形分の低下が大きかった。すなわち、可溶性固形分の吸着量が多い特徴を有する活性炭であった。これはTable 1のかき容積及びFig.1の吸光度の結果と一致した。可溶性固形分の吸着量の大小は活性炭のかき容積に依存しているものと考えられた。

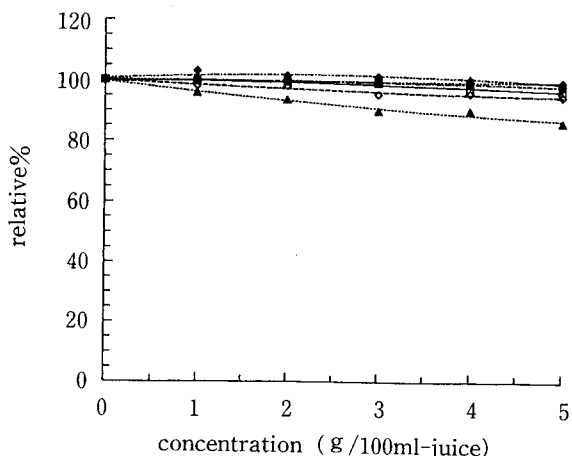


Fig.3 Effect of activated carbon powder treatments on fructose content in yacon juice
 □; SD, ◇; BA, △: TW,
 ■: ZN, ◆: TA, ▲: KA

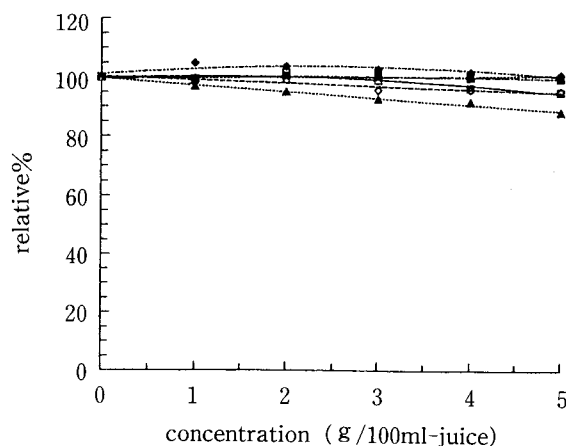


Fig.4 Effect of activated carbon powder treatments on glucose content in yacon juice
 □; SD, ◇; BA, △: TW,
 ■: ZN, ◆: TA, ▲: KA

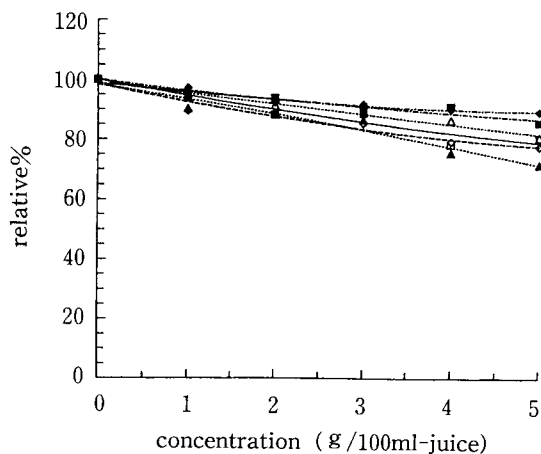


Fig.5 Effect of activated carbon powder treatments on sucrose content in yacon juice
 □; SD, ◇; BA, △: TW,
 ■: ZN, ◆: TA, ▲: KA

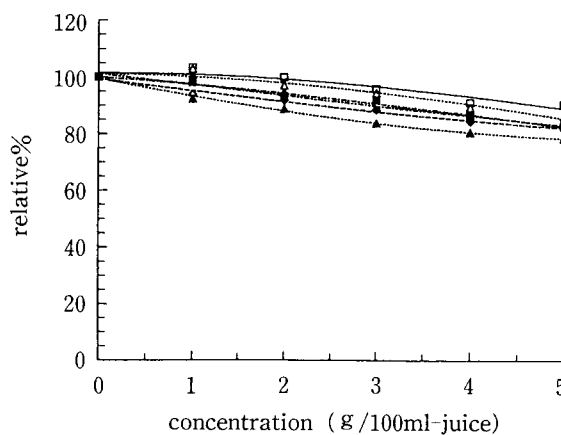


Fig.6 Effect of activated carbon powder treatments on 1-kestose content in yacon juice
 □; SD, ◇; BA, △: TW,
 ■: ZN, ◆: TA, ▲: KA

(5) 糖質

Fig.3~Fig.8に各糖質含量に及ぼす粉末活性炭の種類と添加量の影響を示した。

Fig.3のフラクトース含量についての結果から、KAの処理を除いて、ほかの活性炭処理では極端な含量の低下はなかった。とりわけ、ZNとTAの処理では、ほとんどフラクトースの吸着はないものと考えられた。

Fig.4のグルコース含量の結果では、TA、ZN及びTWの処理では、グルコースの吸着はほとんどないものと考えられた。その他の処理では、添加量の増加に伴い

グルコースが吸着されて多少減少したが、KAの処理で、Fig.3のフラクトース含量の結果と同様、グルコース含量がもっとも減少した。

Fig.5のシュクロース含量の結果では、いずれの処理においても添加量の増加に伴い、シュクロース含量が減少し、活性炭により吸着されたが、ZNとTAの処理は、比較的減少が少なかった。

Fig.6~Fig.8のそれぞれ1-kestose(3糖)、ニストース(4糖)、5糖~8糖含量についての結果から、4%~5%処理では、特にSD及びTWの処理に比べ、

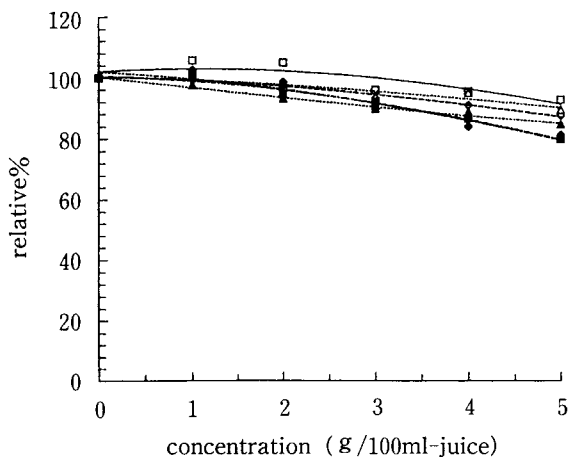


Fig.7 Effect of activated carbon powder treatments on nystose content in yacon juice

□; SD, ◇; BA, △: TW,
■: ZN, ◆: TA, ▲: KA

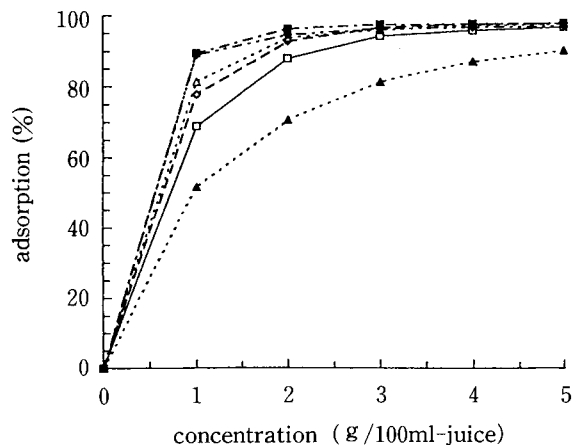


Fig.9 Effect of activated carbon powder treatments on adsorption of all polyphenolic substances in yacon juice

□; SD, ◇; BA, △: TW,
■: ZN, ◆: TA, ▲: KA

TA, BA 及び KA の処理の方が、フラクトオリゴ糖が吸着されて、減少が顕著であった。

(6) 全ポリフェノール成分吸着率

ポリフェノールはアクの主要成分であり、また着色の原因物質でもある。粉末活性炭を用いて吸着除去するため、ポリフェノールの吸着性と各粉末活性炭との関係を検討した。

Fig.9 に全ポリフェノール成分吸着率に及ぼす粉末活性炭の種類と添加量の影響を示した。全ポリフェノール成分吸着率は、Fig.1 の吸光度と同様の結果が得られ、

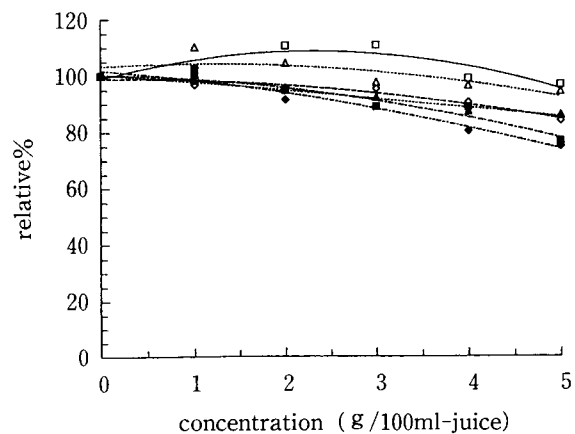


Fig.8 Effect of activated carbon powder treatments on total penta-, hexa-, hepta-, and octasaccharide contents in yacon juice

□; SD, ◇; BA, △: TW,
■: ZN, ◆: TA, ▲: KA

TA と ZN の処理がほかの処理よりも、活性炭の添加量が少ないところで吸着率が高く、効果があった。

(7) 未処理汁液及び5%ZN粉末活性炭処理汁液の香気成分プロファイルの比較

Fig.10 に未処理汁液と5%ZN粉末活性炭処理汁液の香気成分プロファイルを示した。官能審査結果からも、5%処理ではほとんど無臭に近いが、GLCによる香気成分のクロマトグラムパターンを比較した結果からも、5%活性炭処理ではピークが小さく、大部分の香気成分が吸着除去されたことを示していると考えられた。今後、主要なヤーコン臭の香気成分ピークの分離同定が課題である。

4. 官能審査及び分析による粉末活性炭の評価

各粉末活性炭処理汁液の色、香り及び濁りなどの程度を官能審査した結果、KA, SD, TW 及び BA の処理に比べると、TA と ZN の処理では、2~3%の添加量で無色、ほぼ無臭で、透明となり、より効果があった。ほかの活性炭のうち、KA と SD では5%添加量でも、色が残り、十分脱色されていなかった。また各成分吸着性の検討結果より、SD と TW に比べ、TA と ZN では、フラクトオリゴ糖が吸着される特徴をもつ粉末活性炭であったが、添加量が2~3%ではその差はわずかであった。ポリフェノール及び吸光度の結果からも、ZN と TA が、より効果のある粉末活性炭であると考えられた。

要 約

6種類 (SD, BA, TW, ZN, TA 及び KA) の活性

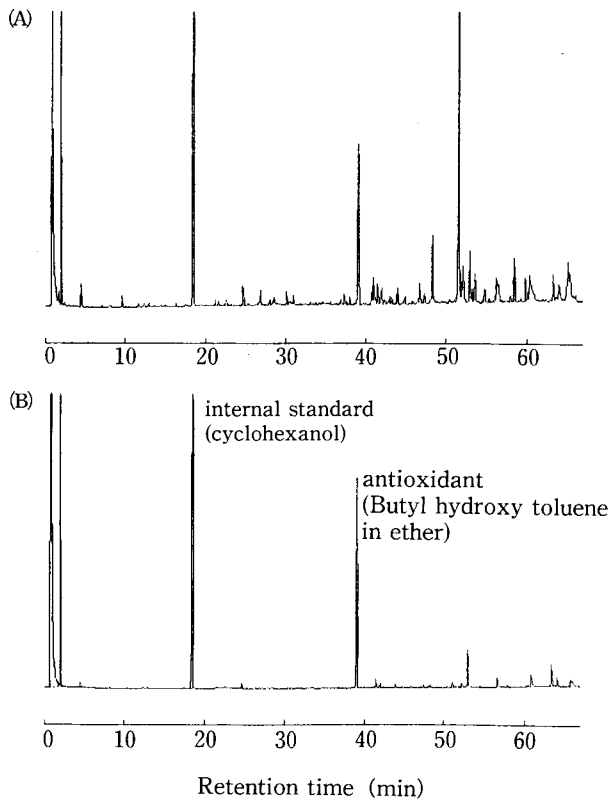


Fig.10 Gas chromatograms of volatile compounds from yacon juice obtained by the Porapak Q column concentration method
 (A) yacon juice without treatment
 (B) yacon juice containing 5% activated carbon powder (ZN)

炭を用い、汁液に対して、0、1、2、3、4及び5%濃

度添加して、ヤーコン塊根汁液の清澄化、脱色、脱臭及び成分吸着性を検討した。その結果、ZNとTA処理では、少なくとも、2~3%濃度で、ほぼ無色無臭の透明汁液が得られた。ZNとTAの粉末活性炭は両方とも、他の活性炭より、かさ容積が大きく最も効果があった。ZNとTAの吸着性は、以下のように特徴づけられた。可溶性固形分とポリフェノール化合物の吸着性は、ほかの活性炭より高かった。可溶性糖質では、フラクトースやグルコースはほとんど吸着されなかった。シュクロースの吸着性は低かった。それに反し、フラクトオリゴ糖はよく吸着された。

終わりに、本研究を行うにあたり、試料を提供していただいた置戸町役場および置戸町農協に深く感謝致します。

文 献

- 1) 本堂正明・宇野豊子・奥村幸広：北海道食加研報告，1，9（1994）
- 2) 本堂正明・佐藤英夫・宇野豊子・奥村幸広：北海道食加研報告，1，15（1994）
- 3) 日本醤油技術会：基準しょうゆ分析法 第二版，（三雄舎印刷，東京），P.6（1966）
- 4) 米山智恵子・榎田忠衛：日食工誌，26，38（1979）
- 5) 下田満哉・平野好司・箆島豊：分析化学，36，792（1987）
- 6) 坂本宏司・下田満哉・箆島豊：農化，67，685（1993）