

ゴボウの生育段階および品種別理化学成分の変化

乙黒親男・樋川芳仁・松野 篤*

Changes in Physical and Chemical Compositions of Edible Burdock (*Arctium Lappa* L.) in Relation to Varieties and Growth

Chikao OTOGURO, Yoshihito HIKAWA and Athushi MATSUNO*

要 約

ゴボウの品種および生育段階別理化学成分を分析した。

1. 一般成分は生育中、屈折計示度が増加、水分が減少した。灰分、アミノ態窒素は減少後、増加した。
2. 遊離糖はシュクロース、グルコースおよびフラクトースが認められ、シュクロースが最も多かった。生育中、各糖は減少傾向が認められた。
3. 有機酸はクエン酸およびリンゴ酸が主体で、生育中前者が増加、後者が減少し、その組成比の様相は異なった。
4. 総遊離アミノ酸は生育中に68から403mg/100gに急増した。そのほとんどはプロリン、アスパラギン、グルタミン酸で全体の56~76%を占め、アスパラギンおよびプロリンは増加、グルタミン酸は減少した。
5. 生育中の多糖類は5.14から6.64%に増加し、その組成比はペクチン画分の増加、セルロース画分の減少を示した。ペクチン組成では塩酸可溶性ペクチン>水溶性ペクチン>ヘキサメタリン酸可溶性ペクチン>水酸化ナトリウム可溶性ペクチンの順で、水溶性ペクチンはわずかに増加したが、比較的变化は少なかった。一方、硬度は多糖類の組成変化に反し増加した。
6. ポリフェノールは0.42~1.49%含有し、生育中、増加後急減した。また品種間の差異が大きく柳川理想が最も少なかった。
7. ゴボウポリフェノールオキシダーゼの諸性質は下記の通りであった。
 - 1) 至適PHは5.8~6.8であった。
 - 2) 至適温度は35°Cであった。
 - 3) クロロゲン酸、カフェイン酸に特異的に作用した。
 - 4) 食塩、アスコルビン酸、亜硫酸添加によって褐変が抑制された。

1. 諸 言

ゴボウ (*Arctium Lappa* L.) は特有な芳香と歯ごたえを持ち、アクの強い野菜で日本料理やそうざい等に利用され、加工品としては醤油漬けあるいは味噌漬けとされていたが、近年は早出しの新ゴボウを加工、調味した浅漬風ゴボウ等利用され、漬物の素材のミニ化と共に消費形態が変化してきている。

しかし、その調理や加工の際に著しい変色を来すことから、取り扱い難い野菜と考えられ、中

も褐変は鮮度の低下、栄養価値の減少等、品質低下の指標と言われ、漬物に明るい色調が求められている¹⁾現在、加工品の品質を左右する重要因子でその防止方法が求められている。

一方、ゴボウは野菜の中でも、従来栄養学的に全く顧みられなかった非消化性成分である食物繊維が最も多く²⁾、その栄養生理学的観点³⁾およびガンのマイナス因子⁴⁾としてその重要性が注目されている。

しかし、ゴボウについては栽培や品種改良はほとんど進んでおらず、またその理化学成分についても精油成分⁵⁾、ポリフェノールおよびポリフェ

* 山梨県総合農業試験場

ノールオキシターゼ等と褐変の関係についての報告^{8)~10)}があるにすぎず、まだ十分に研究がされていない。

そこで、ゴボウの生育特性を明らかにし、その加工への基礎資料を得ることを目的として生育段階および品種別の理化学成分を分析した。さらに、ゴボウの褐変に関与するポリフェノール含量とこれを酸化するポリフェノールオキシターゼ活性に及ぼす種々の要因について検討を行った。

2. 実験方法

2-1 試料

1989年6月2日から11月6日にかけて山梨県総合農業試験場(山梨県北巨摩郡長坂町)で栽培したゴボウ4品目を使用した。なお、播種は6月2日、品種は白肌中早生、滝野川、渡辺早生および柳川理想を用い、播種後2~5ヶ月目に分析に供した。

2-2 分析方法

一般成分分析は食品分析法¹¹⁾に準じた。水分は常圧105°C加熱乾燥法、灰分は550°C乾式灰化法、脂質はエーテル抽出法、総窒素はケルダール法に従った。遊離アミノ態窒素、滴定酸度、pH、屈折計示度は既報¹²⁾によった。

硬度は基部、中央部、先端部の果皮から3~5mmの厚さのゴボウ(幅×長さ:10×10mm)を切り取り試料とし、不動工業製レオメーターNRM-2003J型を用い、V型プランジャーの刃が生長方向と直角に交わるよう、果皮から果肉に向かって測定した。

硬度は針入時における最大応力値の20検体の平均値で示した。なお、クリアランスは0.5mmとした。

アルコール不溶性固形物(以下AISと略す)の調製および各ペクチン画分の抽出と定量は既報¹³⁾によった。なお、水溶性ペクチン画分はイヌリンを含有し、カルバゾール硫酸法に対してその発色が認められ、その影響が著しいため以下のようにして定量した。まず、カルバゾール硫酸法で水溶性ペクチン(ガラクトuron酸+イヌリン)の吸光度を測定し、次に水溶性ペクチン中のイヌリン含量を高速液体クロマトグラフィーで求め、その含量に相当する吸光度を減じ、その差をガラクトuron酸による吸光度とし、ガラクトuron酸の標準曲

線から水溶性ペクチン量を求めた。

細胞壁多糖類の分画・分別定量法については、まだ完成された方法がないのでSOUTHGATEらの方法¹⁴⁾を改良した。即ち、約10gのAISに0.5%シュウ酸アンモニウム1ℓを加え、還流冷却器を付け加熱処理(90°C, 1hr)を行った。冷却後、ガラスフィルター(25G3)で濾過し、残渣を0.5%シュウ酸アンモニウム500mlで同様に抽出し、計3回の濾液をセルロース・チューブ(ビスキング社製, 36/32, 平面幅43mm, 厚さ0.0203mm, 以下同様)に充填し、流水で4日間透析を行った。透析内液を遠心分離(10,000rpm, 10min)後、減圧濃縮(40°C以下)し、その濃縮液を1N-HC1でpH3.0に調整後、3倍量のエタノールを加え、得られた沈澱物を濾過(25G3)し、99.5%エタノールで脱水、エチルエーテルで脱アルコールを行った。その後、減圧乾燥し得られた乾燥物をペクチンとした。次に、ヘミセルロースの抽出はペクチン残渣を蒸留水で洗浄後、17.5%水酸化ナトリウム(30°C, 24hrs, 3times)で窒素気流下で抽出し、その濾液を氷冷しながら酢酸で中和(pH6.0)後、ペクチンと同様に処理し、その乾燥物を17.5%水酸化ナトリウム可溶性ヘミセルロースとした。17.5%水酸化ナトリウムで抽出した残渣を蒸留水で洗浄し、水酸化ナトリウムの溶出が認められなくなるまで洗浄を繰り返した。次いでその残渣を99.5%エタノール、エチルエーテルで処理後、乾燥(106°C, 3hrs)し、セルロースとした。なお、それぞれの画分の含量は重量を秤量し、新鮮物当たり換算しmg/100gで示した。

糖、遊離アミノ酸、有機酸、無機成分およびポリフェノールの測定は既報¹²⁾によった。

ポリフェノールオキシターゼの活性測定法

アセトンパウダーの調製は各試料50gに10倍容の冷アセトン(-20°C)を加えて磨砕し、吸引濾過後、残渣を一夜減圧下で乾燥してアセトンパウダーを得た。活性測定に当たってはアセトンパウダーをMcl 1vaine緩衝液(pH6.5)に溶解し、濾過して粗酵素液とした。活性の測定は中林ら⁸⁾の褐変比色法によった。

3. 実験結果および考察

3-1 一般成分

結果をTable 1に示した。生育に伴って水分と灰分

Table 1 Changes in general analyses of growth and varieties of Edible burdock roots

	Shirohada				Takinogawa	Watanabe	Yanagawa
	8/9	9/11	10/11	11/6	9/13	9/13	9/13
Moisture (%)	80.21	76.17	76.84	73.84	77.20	78.87	75.23
Ash (%)	1.204	1.049	0.924	1.244	0.971	1.236	0.976
Ether extracts (%)	0.091	0.090	0.125	0.067	0.139	0.125	0.107
Total nitrogen (%)	0.197	0.215	0.199	0.255	0.258	0.268	0.250
Free amino nitrogen (%)	0.018	0.024	0.034	0.049	0.027	0.031	0.026
Titrateable acidity (%)	0.153	0.175	0.165	0.168	0.210	0.263	0.201
pH (1:1)	5.60	5.43	5.84	5.62	5.55	5.59	5.62
Soluble solid (%)	18.0	18.8	20.0	22.2	17.8	18.8	25.8

は減少傾向を示し、遊離アミノ態窒素と屈折計示度は増加した。品種間で水分、灰分および滴定酸度は渡辺早生、エーテル抽出物は滝野川、屈折計示度は柳川理想が多く含まれていた。日本食品標準成分表¹⁵⁾と今回の結果を比較すると、成分表では水分78.6%、蛋白質2.8%、脂質0.1%、灰分0.9%で、水分、脂質はほとんど同じ値であり、灰分はやや高く、蛋白質は低い値であった。

出雲ら¹⁶⁾はゴボウの水分は74.3~83.0%、灰分0.7~0.9%と報告しているが、今回の実験では水分は同じような値であったが、灰分は高かった。

3-2 糖

結果をTable2に示した。遊離糖はシュクロース、グルコースおよびフラクトースが認められ、これに加えキク科、キキョウ科等のいくつかの植物に含まれ、特に地下部に多いことが知られているフラクトオリゴ糖のイヌリンが存在した。遊離糖の内 そのほとんどの71~99%をシュクロースが占め、生育につれてその含量は減少したが、グルコースおよびフラクトース量の減少が大きい

ため、その組成比は74%から99%に増加した。一般にイヌリンなどフルクタンを貯蔵糖とする植物はシュクロースを転流糖とし、貯蔵根の先端から若茎へ転流することが報告¹⁷⁾されている。次に播種後3ヶ月の試料の品種間比較では滝野川が1348mg/100gと最も多く、次いで白肌中早生>柳川理想>渡辺早生の順に存在したが、その組成比には大差はなかった。またイヌリン含量は生育中および品種間に差異がほとんどなく、太田ら¹⁸⁾、斎藤¹⁹⁾の結果とほぼ一致した。

3-3 有機酸

結果をTable3に示した。主要有機酸はリンゴ酸、クエン酸で、次いで微量であるがコハク酸、ガラクツロン酸、ピログルタミン酸、乳酸および酢酸の存在が認められ、高田²⁰⁾の結果と同様であった。主要な有機酸であるリンゴ酸とクエン酸の変化の様相は対称的な動きを示し、生育に伴ってリンゴ酸は減少、逆にクエン酸は増加し続け、両者の含量の和は全期間を通じて総有機酸の87~90%とほとんど変化しなかった。したがって、生育中

Table 2 Changes in sugars contents of growth and varieties of Edible burdock roots (mg/100g in fw)

Sugars	Shirohada				Takinogawa	Watanabe	Yanagawa
	8/9	9/11	10/11	11/6	9/13	9/13	9/13
Sucrose	866	912	657	787	1003	735	895
Glucose	236	138	90	tr	170	146	123
Fructose	65	121	56	6	175	150	99
Total	1167	1171	803	793	1348	1031	1117
Inulin	4952	4926	5265	4914	5089	4654	5138

Table 3 Changes in organic acid contents of growth and varieties of Edible burdock roots

Organic acids	Shirohada				Takinogawa	Watanabe	Yanagawa
	8/9	9/11	10/11	11/6	9/13	9/13	9/13
Malic acid (M)	193.1	140.0	143.3	115.0	123.3	178.6	116.5
Citric acid (C)	58.0	59.2	130.8	199.6	39.1	37.7	36.1
Succinic acid	12.2	13.2	9.8	14.0	17.7	12.4	12.7
α -D-GA	8.2	5.9	7.4	9.4	9.9	7.8	7.1
Pyroglutamic acid	6.0	4.2	6.7	13.8	4.4	7.5	7.2
Lactic acid	5.3	3.0	2.9	1.2	3.0	2.8	2.7
Acetic acid	5.1	2.5	4.2	tr	2.4	3.9	4.1
Total	287.9	228.0	305.1	353.0	199.8	250.7	186.4
M/C ratio	3.33	2.36	1.10	0.58	3.15	4.74	3.23

α -D-GA : α -D-galacturonic acid

のリンゴ酸/クエン酸比は3.33から0.58へ顕著な低下を示した。このようにクエン酸が増加し続ける現象を稲葉ら²⁰⁾はウメで、今田ら²¹⁾はピーマンで認めているが、有機酸代謝が一般果実・野菜と異なっているものと思われる。次に、品種間比較では渡辺早生が251mg/100gと最も多く、次いで白肌中早生(228mg/100g) > 滝野川(200mg/100g) > 柳川理想(186mg/100g)の順に存在したが、両有機酸の組成比は81~87%と差異は少なかった。

3-4 遊離アミノ酸

結果をTable 4に示した。生育中の遊離アミノ酸をみると、播種後2ヶ月の試料で総遊離アミノ酸含量は67.7mg/100gでそのうち最も含量が高いのは、プロリン(14.7mg/100g)で、次いでグルタミン酸(13.0mg/100g)、アスパラギン(10.3mg/100g)であった。生育中3ヶ月以後の総アミノ酸含量は81.2mg/100gから403.3mg/100gに直線的な増加を示した。そのうち特に増加が著しいのはアスパラギンとプロリンでそれぞれ17.4mg/100gから145.5mg/100g、19.2mg/100gから142.1mg/100gと約7~8倍に増加し、総遊離アミノ酸に占める両者の組成比の和は45%から71.3%に増加した。その他の遊離アミノ酸含量にも生育中増減がみられるが、特に著しい変化はなかった。鈴木ら²²⁾は135種の市販果実・野菜の遊離アミノ酸含量を測定し、ゴボウは702mg/100gで最も含量が高いのはアルギニン(258mg/100g)、

次いでアスパラギン(206mg/100g)、プロリン(58mg/100g)の順であると報告しているが、今回の実験結果(11月6日)と比較すると、プロリンを除きすべて多く、特にアルギニンの差異が著しかった。この理由として品種、栽培地および栽培条件とともに収穫時期や収穫後の変化も考えられ今後検討したい。

次に品種間比較では滝野川(100mg/100g)と柳川理想(98.1mg/100g)が最も多く、次いで白肌中早生(81.2mg/100g) > 渡辺早生(69mg/100g)の順であった。また組成比はアスパラギン、プロリンおよびグルタミン酸が主体で、次いでアスパラギン酸、アラニンおよびグルタミンが共通して多く、その組成比にあまり差異が認められなかった。

3-5 無機成分

結果をTable 5に示した。カリウムが最も多く、次いでマグネシウム、ナトリウム、カルシウム、鉄の順だった。総含量は生育中2ヶ月後から4ヶ月にかけて5028mg/kgから3673mg/kgに減少後、5ヶ月後は5646mg/kgに急増し、灰分と同様の变化を示した。特に、カリウムは総含量の77~78%を占めており、生育中のカリウムと総含量の変化はほぼ一致した。カリウムについて多く含まれるマグネシウムは総含量の6~12%を占め、3ヶ月以後の変化は比較的少なかった。その他の無機成分も生育中増減がみられるが、4ヶ月後の含量が少ない傾向にあった。今回の結果を日本食品成分

Table 4 Changes in free amino acids of growth and varieties of Edible burdock roots (mg/100g in fw)

Amino acids	Shirohada				Takinogawa	Watanabe	Yanagawa
	8/9	9/11	10/11	11/6	9/13	9/13	9/13
Asp	4.4	6.3	6.1	17.9	6.6	4.9	6.9
Thr	0.9	1.2	1.5	6.3	2.6	2.2	2.0
Ser	2.5	2.1	3.7	4.3	2.4	2.1	2.9
Asn	10.3	17.4	59.3	145.5	30.6	16.1	23.1
Glu	13.0	14.7	23.9	14.3	13.8	10.3	13.6
Gln	4.4	4.6	9.6	15.4	3.9	3.2	4.1
Pro	14.7	19.2	55.1	142.1	22.3	14.8	28.4
Gly	0.2	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2
Ala	7.6	5.2	7.9	1.8	5.8	4.5	6.4
Val	2.0	2.2	2.5	5.8	1.9	1.7	2.0
Cys	2.4	3.0	3.0	7.5	3.2	2.9	2.8
Met	0.2	0.5	0.5	0.8	0.7	0.5	0.7
Ile	0.6	1.0	1.5	10.3	2.0	1.7	1.1
Leu	0.5	0.6	0.9	7.9	0.8	0.7	0.6
Tyr	0.2	0.2	0.2	1.2	0.3	0.6	0.2
Phe	0.4	0.5	1.0	9.7	0.6	0.8	0.6
γ -ABA	3.0	1.5	2.0	0.8	1.4	0.8	1.5
Lys	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
His	tr	tr	tr	4.0	tr	0.3	tr
Arg	0.4	0.8	2.0	7.3	0.8	0.7	1.0
(NH ₂)	1.9	2.2	2.4	3.1	2.1	2.3	2.6
Total	67.7	81.2	181.0	403.3	100.0	69.0	98.1

Table 5 Changes in mineral contents of growth and varieties of Edible burdock roots (mg/100g in fw)

Minerals	Shirohada				Takinogawa	Watanabe	Yanagawa
	8/9	9/11	10/11	11/6	9/13	9/13	9/13
Na	185	231	165	198	290	413	175
K	4348	3182	2968	4715	2380	4386	2885
Ca	174	183	112	161	191	238	196
Mg	284	486	385	491	440	425	396
Fe	27	57	36	70	50	43	32
Cu	2	4	2	4	4	4	3
Mn	2	3	2	3	3	3	2
Zn	6	5	3	4	6	5	7
Total	5028	4151	3673	5646	3364	5517	3696

表と比較すると、成分表では330mg/100g、ナトリウム6mg/100g、カルシウム49mg/100g、鉄0.8mg/100gで、カリウムはほとんど同じ値であり、ナトリウムと鉄は高く、カルシウムは低い値であった。

なお、食品中の無機成分は栽培地や栽培条件に左右されるといわれ、その含量差が著しい²⁰⁾とされている。次に品種間比較では渡辺早生が5517mg/100gと最も多く、ついで白肌中早生(4151mg/100g) > 柳川理想(3696mg/100g) > 滝野川(3364mg/100g)の順で、含量差は比較的大きかった。

3-6 細胞壁多糖類

結果をTable 6に示した。細胞壁多糖類の内、ペクチン画分が最も多く、次いでセルロース、ヘミセルロース画分の順で、生育中の含量変化はペクチン画分が増加、セルロース画分が減少後ほぼ一定、ヘミセルロース画分が増加後、減少傾向を示した。したがって、生育中のそれらの組成比はペクチン画分が49%から68%に増加、セルロースとヘミセルロース画分がそれぞれ32%から21%、19%から10%に減少した。次に品種間組成をみると白肌中早生は他の3品種に比べペクチン画分が高く、セルロース画分が低かった。また、3~5

Table 6 Changes in polysaccharides contents of growth and varieties of Edible burdock roots (mg/100g in fw)

Variety	Harvest day	Part of root	Pectic substance	Hemicellulose 17.5% NaOH sol.	Cellulose	Total	
Shirohada	8/9	total	2.52 (49.1)	0.97 (18.9)	1.64 (32.0)	5.13 (100)	
		total	3.82 (59.8)	1.06 (16.6)	1.51 (23.6)	6.39 (100)	
	9/11	cortex	3.66 (61.4)	1.06 (17.8)	1.24 (20.8)	5.96 (100)	
		inner	3.95 (58.4)	1.07 (15.8)	1.74 (25.7)	6.76 (100)	
	10/11	total	4.33 (65.9)	0.87 (13.2)	1.37 (20.9)	6.57 (100)	
		cortex	4.71 (69.9)	0.86 (12.8)	1.17 (17.4)	6.74 (100)	
	11/6	inner	3.73 (60.9)	0.83 (13.6)	1.56 (25.5)	6.12 (100)	
		total	4.54 (68.4)	0.69 (10.4)	1.41 (21.2)	6.64 (100)	
	Takinogawa	9/13	cortex	4.64 (71.2)	0.66 (10.1)	1.22 (18.7)	6.52 (100)
			inner	4.38 (63.8)	0.83 (12.1)	1.65 (24.1)	6.86 (100)
Takinogawa	9/13	total	3.65 (51.7)	1.06 (15.0)	2.35 (33.3)	7.06 (100)	
Watanabe	9/13	total	3.43 (52.1)	1.13 (17.2)	2.02 (30.7)	6.58 (100)	
Yanagawa	9/13	total	3.78 (56.1)	0.96 (14.2)	2.00 (29.7)	6.74 (100)	

Table 7 Changes in pectin and composition of growth and varieties of Edible burdock roots (mg/100g in fw)

Variety	Harvest day	Part of root	WSP	PSP	HSP	SSP	Total	
Shirohada	8/9	total	338 (28.2)	271 (22.6)	514 (42.9)	76 (6.3)	1199 (100)	
		total	450 (29.3)	330 (21.5)	669 (43.6)	87 (5.7)	1536 (100)	
	9/18	cortex	473 (31.8)	312 (21.0)	618 (41.5)	86 (5.8)	1489 (100)	
		inner	416 (25.9)	366 (22.8)	742 (46.1)	84 (5.2)	1608 (100)	
	10/11	total	383 (30.7)	273 (21.9)	511 (41.0)	80 (6.4)	1247 (100)	
		cortex	473 (35.2)	241 (17.9)	542 (40.3)	89 (6.6)	1345 (100)	
	11/6	inner	335 (27.1)	262 (21.2)	555 (44.8)	86 (6.9)	1238 (100)	
		total	423 (33.8)	224 (17.9)	524 (41.8)	82 (6.5)	1253 (100)	
	Takinogawa	9/13	cortex	495 (39.1)	202 (15.9)	489 (38.6)	81 (6.4)	1267 (100)
			inner	367 (28.6)	238 (18.6)	590 (46.0)	87 (6.8)	1282 (100)
Takinogawa	9/13	total	377 (25.3)	298 (20.0)	711 (47.6)	107 (7.2)	1493 (100)	
Watanabe	9/13	total	308 (23.2)	278 (20.9)	645 (48.6)	96 (7.2)	1327 (100)	
Yanagawa	9/13	total	431 (28.6)	296 (19.7)	689 (45.8)	89 (5.9)	1505 (100)	

WSP : water soluble pectin, PSP : 0.4% hexametaphosphate soluble pectin, HSP : 0.05N hydrochloric acid soluble pectin, SSP : 0.05N sodium hydroxide soluble pectin

ヶ月後の皮層部でペクチン画分の増加とヘミセルロース画分の減少が起こったが、内部の変化は少なかった。一方、細胞壁多糖類は従来栄養学的に全く顧みられなかった非消化性成分である食物繊維でヘンネベルグ・ストーマン法の粗繊維定量値(1.4%)に比較して約3.7~5.0倍の定量値が得られ、真部²⁾の結果としてほぼ一致した。なお、今回の結果を28種類の野菜²⁾と比較するとゴボウはペクチンとセルロースが最も多い野菜であることが確認できた。

3-7 ペクチン

結果をTable 7に示した。ペクチン含量は2ヶ月から3ヶ月後に増加後、減少しほぼ一定となった。その組成比では各生育段階とも塩酸可溶性ペクチン(以後HSPと略記)が最も高く、次いで水溶性ペクチン(以後WSPと略記)、ヘキサメタリン酸可溶性ペクチン(以後PSPと略記)、水酸化ナトリウム可溶性ペクチン(以後SSPと略記)の順で野菜に共通した結果²⁾が得られた。部位別では皮層部にはWSP、内部にはPSPとHSPが多

い傾向が認められた。一方、品種間比較ではペクチン含量が少なく、さらにその組成でWSPが低く、HSPが高い渡辺早生の硬度が最も高かった。逆にペクチン含量が多く、その組成でWSPが高く、HSPが低い白肌中早生は最も硬度が低かった。

3-8 硬 度

各部位の皮層部の硬度変化をFig. 1 に示した。各部位とも生育に伴い硬度は上昇し、特に3~4ヶ月間における伸びが最も顕著で、4ヶ月後に最大値を示し、その後やや低下した。また、各部位の硬度は常に基部が最も高く、次いで中央部、先端部の順で、生育2~3ヶ月間では中央部と先端部の硬度差が大きいのに対し、4~5ヶ月後にはその差が減少し、逆に基部と中央部の差が大きくなった。

一方、品種間比較では渡辺早生が最も高く、次いで、滝野川と柳川理想がほぼ同程度で、白肌中早生が最も低かった。

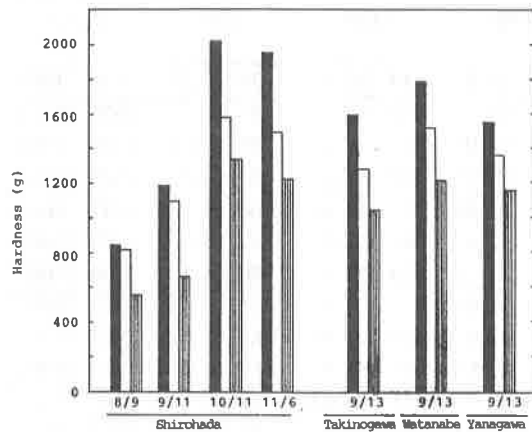


Fig. 1 Changes in hardness of growth and varieties of Edible burdock roots

■:Top parts, □:Middle parts, ▨:Bottom parts

3-9 ポリフェノール

結果をFig. 2 に示した。全体のポリフェノール含量は生育に伴い増加し、3ヶ月後に1094mg/100gと最も多くなり、その後減少を示し5ヶ月後は418mg/100gとなった。また、根部を皮層部と内部(木部と師部)の2つに分けたポリフェノール含量は皮層部が708~1392mg/100gと内部の246~605mg/100gに比較して2.30~2.91倍と著しく多かった。

中林⁹⁾はアクの主体と考えられている市販ゴボウのポリフェノール成分を測定し、その主体はク

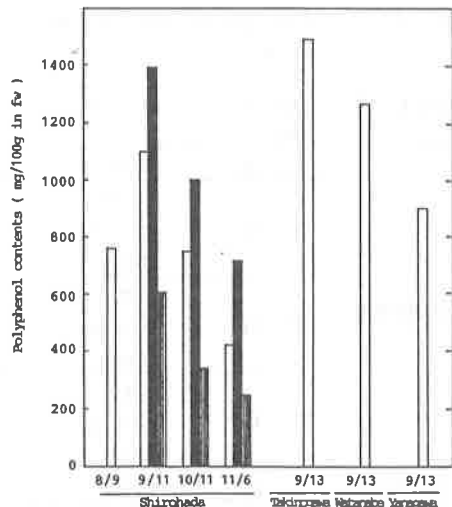


Fig. 2 Changes in polyphenol contents of growth and varieties of Edible burdock roots

□:Total, ■:Cortex, ▨:Inner (phloem + xylem)

ロロゲン酸類からなり、0.38~1.98% (平均0.78%) 含有すると報告しており、今回の結果はほぼ一致した。一方、品種間では、滝野川が1492mg/100gと最も多く、次いで渡辺早生、白肌早生の順で、最も少ない柳川理想は898mg/100gであった。

3-10 ポリフェノールオキシダーゼ

(1) 生育および品種別酵素活性

褐変比色法によるポリフェノールオキシダーゼ活性をFig. 3 に示した。生育および品種別のゴボウの酵素活性はポリフェノール含量と同様の变化を示し、生育別では3ヶ月後、品種別では滝野川の活性が最も高かった。一般に野菜や果実の褐変はポリフェノールオキシダーゼなどの作用によってポリフェノール化合物の酸化が起こることが原因^{9)~10)}とされており、基質であるポリフェノール含量が多く、その酸化酵素活性が高い生育3ヶ月後のゴボウが最も褐変し易いことがわかった。

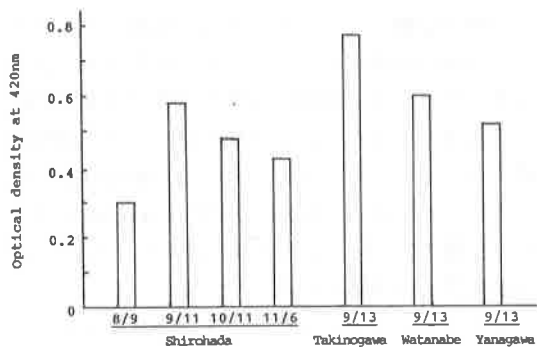


Fig. 3 Changes in polyphenoloxidase activity of growth and varieties of Edible burdock roots

(2) 酵素活性の特性

i) pHの影響

pHを変えた時の活性はFig. 4 に示した通りで至適pHは5.8~6.8であった。また、酵素の安定性におよぼすpHの影響は、アセトンパウダーを各pHの緩衝液に溶解したものを3℃に20時間保持し、その後、pHを6.5に調整して酵素活性を測定した。なお、安定性はpH5.5を100として示した。その結果、pH5~6ではかなり安定であるが、酸性側またはpH6.5以上で活性が顕著に低下した。したがって、pH5~6で最も褐変を引き起こし易いことから、ゴボウの加工前処理において、pHを下げ酵素活性を抑制することが有効な褐変防止策の一つであると考えられる。

ii) 温度の影響

温度を変えた時の活性はFig. 4 に示した通りで至適温度は35℃であった。また、酵素の安定性におよぼす温度の影響は、アセトンパウダーをpH6.5の緩衝液に溶解したものを各温度に5分間保持し、水冷後残存酵素活性を測定した。その結果、20℃までは殆ど差が認められないが、温度が上昇すると徐々にその活性は低下し、80℃では殆ど活性が認められなかった。よって、高温加熱によってかなりの褐変防止効果が期待できると考えられるが、組織の軟化が問題になる。特にゴボウはその歯切れの良さを楽しむ野菜であるため、長時間の加熱は適切でないため、他の褐変防止法との併用が必要と考えられる。

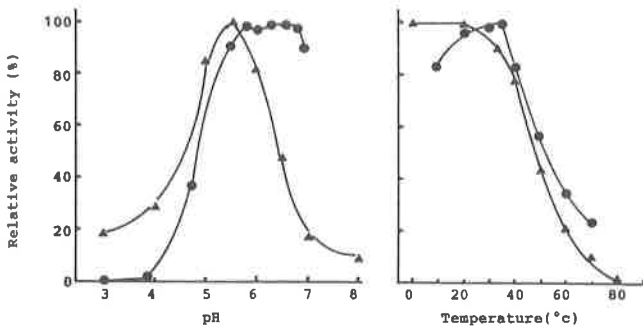


Fig. 4 Effect of optimum pH, pH stability, optimum temperature and thermostability on the polyphenoloxidase activity of Edible burdock roots
 ● : optimum pH and temperature
 ▲ : stability of pH (3°C, 20hrs) and temperature (5min.)

iii) 基質特異性

Fig. 5 に示した7種類の基質に対する酵素活性を測定した。なお、基質はクロロゲン酸10mg/mlに相当する濃度とした。その結果、クロロゲン酸およびカフェイン酸に対して強い基質特異性が認められ、これがゴボウのポリフェノール類の主成分であるクロロゲン酸類であることと一致した。

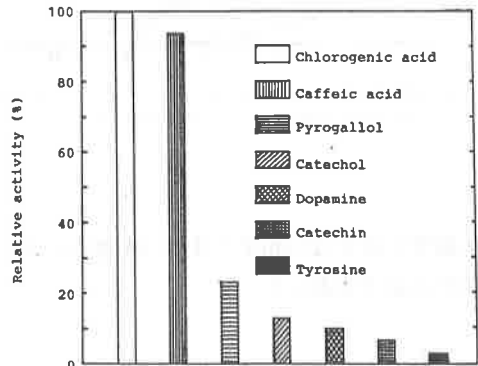


Fig. 5 Effect of various substrates by the polyphenoloxidase of Edible burdock roots

iv) 酵素活性におよぼす食塩、アスコルビン酸 亜硫酸の影響

食塩 (1~20%)、アスコルビン酸 (1~40mg/100g)、亜硫酸 (5~30mg/kg) を各濃度になるよう緩衝液を調製後、酵素活性を測定した。その結果、各添加物ともその濃度が高くなるにしたがって活性が低下し、食塩では16%、アスコルビン酸では24mg/100g、亜硫酸は20mg/kgで殆ど失活し、各添加物の褐変防止効果が認められた。食塩の酵素的褐変についてリンゴ²⁶⁾では阻害され、ウド²⁷⁾やカンショ²⁸⁾は阻害されないことが報告されているが、ゴボウポリフェノールオキシダーゼは食塩10%以上で比較的抑制が認められた。一般に、ゴボウの加工品は味噌漬けや醤油漬けがほとんどで、この加工法は味噌や醤油の食塩濃度が12~17%であることを利用したゴボウの褐変防止法と考えられる。

アスコルビン酸や亜硫酸は酸としての作用の他に還元剤として褐変防止効果を有するが、その効果は褐変を完全に停止させるのではなく、これらの消費にしたがって徐々に褐変は進行する。したがって、両者の添加により褐変を防止するためには防止効果以上の添加によりその効果が期待できると考えられる。

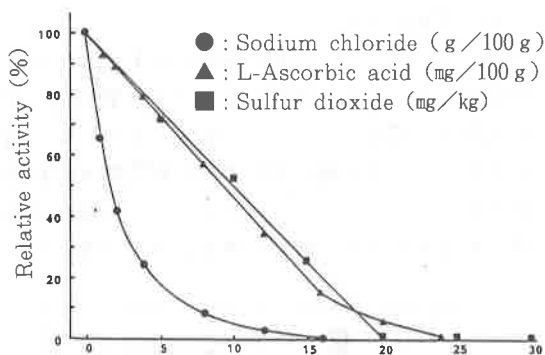


Fig. 6 Effect of various compounds on the polyphenoloxidase activity of Edible burdock roots

本研究の概要は1990年3月の日本食品工業学会第37回大会で発表した。

文 献

- 1) 前田安彦：食品と開発，21 (7)，60~67 (1986)
- 2) 真部孝明：広島農短報，8，53~61 (1986)
- 3) 辻 啓介：食の科学，94，14~22 (1985)
- 4) 印南 敏：食の科学，94，31~50 (1985)
- 5) 篠原和毅：漬物の科学と健康，漫画社，109~140 (1989)
- 6) 小畑繁雄・吉倉正博・鷲野 乾：農化，44 (10)，437~446 (1970)
- 7) 鷲野 乾・岩淵久克・吉倉正博：農化，59 (4)，389~395 (1985)
- 8) 中林敏郎：日食工誌，15 (5)，199~206 (1968)
- 9) 黒沢祝子：同志社女子大学学術研究報告，29，283~298 (1978)
- 10) 堀米隆男・熊谷慈子：宮崎大農報，17，234~240 (1970)
- 11) 日本食品工業学会食品分析法編集委員会編：食品分析法，光琳，3~241 (1982)
- 12) 乙黒親男・犬飼道子・吉田雅彦・園部直美・浜田由起・金子洋子：山梨県立女子短期大学紀要，24，127~137 (1991)
- 13) 乙黒親男・横森真由美：山梨県工業技術センター研究報告，3，76~79 (1989)
- 14) A.T.Southgate and G.J.Hudson：J.Sci.Food Agric.，29，979~988 (1978)
- 15) 科学技術庁資源調査会編：4訂日本食品成分表，女子栄養大学出版，p141，(1987)
- 16) 出雲悦子・大木和香子・山田節子：調理科学，14 (2)，118~122 (1981)
- 17) 金 永植・崎山亮三：園学雑，58 (2)，383~390 (1989)
- 18) 太田長世・三野芳紀：生薬学雑誌，34 (3)，245~249 (1980)
- 19) 斎藤安弘：New Food Industry，31 (6)，1~8 (1989)
- 20) 島田保子：調理科学，10 (4)，248~253 (1977)
- 21) 稲葉昭次・中村怜之輔：園学雑，49 (4)，601~607 (1981)
- 22) 今田成雄・石川正美・清野 恵・長岡正昭：園学雑，60 (別1)，p278，川崎市 (1991)
- 23) 鈴木忠直・栗原由美子・田村真八郎：食総研報，31，42~70 (1976)
- 24) 斎藤喜亮：岩崎チヨ：家政誌，31，64~72 (1980)
- 25) 川端晶子・澤山 茂：栄養学雑誌，31 (1)，32~36 (1973)
- 26) 塩田芳之：日食工誌，15 (12)，547~552 (1968)
- 27) 黒沢祝子：調理科学，17 (4)，242~246 (1984)
- 28) 黒沢祝子：同志社女子大学学術研究年報，25，238~251 (1974)