

寄贈	平成
矢野	年
昌充	月
氏	日

Ⓛ B
755
1991
Ⓜ

キャベツのカット野菜加工適性に関する研究

矢野昌充

キャベツのカット野菜加工適性に関する研究

目 次

結 言	-----	1
I	カット野菜流通方式登場の背景と研究の必要性	
II	原料野菜の品質関連研究の必要性	
III	本研究の目的と方針	
第1章	キャベツの品質評価法の開発	----- 5
第1節	硬さの評価	----- 5
I	目的	
II	材料及び方法	
III	結果及び考察	
IV	摘要	
第2節	多汁性の評価	----- 10
I	目的	
II	材料及び方法	
III	結果及び考察	
IV	摘要	
第3節	食味の評価	----- 13
I	目的	
II	材料及び方法	
III	結果及び考察	
IV	摘要	
第4節	総合考察	----- 18
第2章	品質変動要因の解明	----- 36
第1節	栽培条件が品質に及ぼす影響	----- 36

I	目的	
II	材料及び方法	
III	結果及び考察	
IV	摘要	
第2節	気象要因が品質に及ぼす影響	41
I	目的	
II	材料及び方法	
III	結果及び考察	
IV	摘要	
第3節	品種・系統別品質特性の解明	46
I	目的	
II	材料及び方法	
III	結果及び考察	
IV	摘要	
第4節	総合考察	54
第3章	カットキャベツの加工歩留りに関係する要因の検討	74
第1節	実験室レベルでの調査	74
I	目的	
II	材料及び方法	
III	結果及び考察	
IV	摘要	
第2節	加工場レベルでの調査	76
I	目的	
II	材料及び方法	
III	結果及び考察	
IV	摘要	
第3節	総合考察	79

第4章	カットキャベツの品質劣化機構（褐変）の解明とその防止技術の開発	87
第1節	褐変しにくい品種の検索	87
I	目的	
II	材料及び方法	
III	結果及び考察	
IV	摘要	
第2節	褐変程度の品種間差異の解明	92
I	目的	
II	材料及び方法	
III	結果及び考察	
IV	摘要	
第3節	褐変しにくい品種を用いるカットキャベツの品質保持法	99
I	目的	
II	材料及び方法	
III	結果及び考察	
IV	摘要	
第4節	総合考察	102
第5章	カットキャベツに対する消費者嗜好の解明	122
I	目的	
II	材料及び方法	
III	結果及び考察	
IV	摘要	
第6章	結論	135

謝 辞 ----- 1 4 0

引用文献 ----- 1 4 1

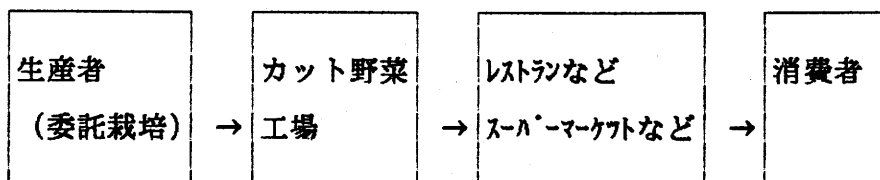
付表 -----

I カット野菜流通方式登場の背景と研究の必要性

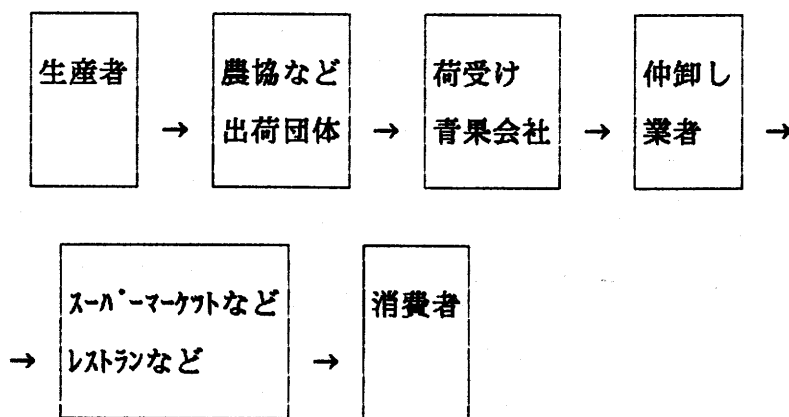
カット野菜方式は1970年代前半にアメリカ合衆国で始まったもので(Bolinら、1976) 野菜の出荷業者(Shipper)等が可食の状態まで切断し(我が国では一次加工という名称が使われることもある)、レストラン等に配送する方式である。レストランでは洗浄や切断は一切必要なく、そのまま盛りつけたり、調理が行われる。近年はこのような業務用の用途だけではなくready-to-serve vegetablesとしてスーパーマーケットやfast-food店等で消費者に直接販売されることも多くなっている(阿部、1989)。

カット野菜の流通経路を、収穫した野菜をそのままの形で消費者まで届ける通常の流通と比較したのが下図で、通常のものに比較して著しく短縮できることが分かる。

カット野菜の流通経路



通常の野菜の流通経路



カット野菜方式には、通常の流通方式に比較して流通経路が短縮できることのほか、数多くのメリットがある(Bolinら、1976、柴田、1984、秋山、1989、佐々木、1989)。まず、生産者側には調理の際捨てられる非可食部分(3~40%にも達する)を輸送する必要がな

く、輸送量が少なくすむ、単価の安い野菜を付加価値を高めて販売できる、外観が悪くても原料として利用できるなどのメリットがある。一方、利用者側のメリットには、とくに調理くずや使い残しが出ないこと、調理の時間やスペースが軽減できることなどがある。

このようにメリットが数多い上に、適用できる野菜が、レタス、キャベツ、ニンジン、タマネギ、カリフラワー、ホウレンソウ、ブロッコリーなどと種類が多いこともあって、アメリカ合衆国では重要な出荷、輸送、販売の一方式として定着している（阿部、1989）。

一方、我が国では10年以上も遅れて普及が始まったこともあり、アメリカ合衆国ほどには定着してはいない。今後順調に発展するかどうか、業界第1位の企業の倒産に象徴されるように予断を許さない。しかし、カット野菜方式には前述したように、生産者、利用者相方に大きなメリットがあること、野菜の流通合理化にもなることから主要な野菜の流通方式として発展、定着させる必要があると指摘されている（沖、1980、柴田、1984、佐々木、1989）。我が国でカット野菜流通方式が発展するか否かは、社会経済的要因のほか、通常の経路で流通する野菜を上回る高品質カット野菜製品を流通させることができるかどうかにかかっている。つまり我が国のカット野菜の品質はあまり良くない（原田、1982、暮しの手帖社、1986、秋山、1989）ことが一つの発展阻害要因となっていると思われるからである。

カット野菜の品質が今一つであることの内容は微生物汚染、品質劣化、栄養成分の減耗、食味やテクスチャの不良などであるが、その対策としては①製造技術の改善、②品質保持技術の改善、③加工適性のある高品質野菜を原料に用いることなどが考えられる。①、②については各企業で技術開発が行われている（谷、1988）ほか、学術報告としても数多く報告の発表があり（Friedmanら、1951、Hicksら、1972、Priepkeら、1976、Bolinら、1976）、カット野菜の品質向上に有益な知見を提供している。これに対して、③の原料野菜に関してはほとんど報告されていない。

原料野菜に関しては、単に品質問題だけではなく加工歩留り、安定供給法など、カット野菜方式を発展させるために欠くことのできない検討課題も残されている。加えて、消費者の嗜好にあうカット野菜商品を作るには、適切な品種を用いる以外に方法はなく、その方面からのアプローチも必要である。したがって、カット野菜については、今後特に原料野菜の加工適性の観点から研究を深めなければならない（小濱、1982a）。

筆者は以上の情勢に基づき、カット野菜の品質向上を、好適な原料品種を選択することによって達成しようとして本研究を開始した。

II 原料野菜の品質関連研究の必要性

Iで述べたように、カット野菜流通方式を普及、定着させるためには高品質の商品を流通させる必要がある。カット野菜は青果と競合する以上、簡便性、経済性だけではなく品質競争にも勝っていないと商品としての生き残りは難しい。

カット野菜商品の品質には製造技術、品質保持技術の巧拙（例えば殺菌法や褐変防止法）も勿論関係するが、原料の適否にも大きく左右される。従来、我が国の青果物の加工は青果用として流通できない2級品や余剰品を加工原料に回すことが行われてきた（森、1987、小川、1987、三浦、1987）。カット野菜原料についてもこれに近い状況といわれている（秋山、1989）。しかし、消費者の高品質指向が野菜にも及んでいる現状を考えるとカット野菜原料として加工適性に優れた高品質の品種を用いることは時代の要請といって良い。

カット野菜に用いられる野菜はキャベツ、レタス、ニンジンなど葉根菜類が多い。これらの野菜は品質関連の研究蓄積に乏しく（小濱、1982 b）、品質の優劣を判断するための基準は、特殊な例（ダイコンの辛味、江崎ら、1980、1982、石井ら、1987、1989a、1989b）を除けばほとんど確立されていない。そのためカット野菜原料の優劣や加工適性の有無を論じるためには、それ以前に葉根菜類について品質内容の解明、それを評価する技術の開発、消費者嗜好の調査、品質変動要因の解明等の品質関連の研究を深めておく必要がある。

III 本研究の目的と方針

キャベツは、我が国においては市場流通量が第1位を占めること（オフィス・ジェイ・ワン、1989）、業務用の需要も最も多い（下島、1989）ことから、将来カット野菜として流通する野菜として最も重要な野菜となることが予想される。それにもかかわらず、カット野菜原料としての研究は勿論のこと品質関連研究についても、アメリカ合衆国など諸外国では我が国ほど重要野菜ではないこともあって、内外ともに研究蓄積は少ない。

そこで、本研究ではキャベツを対象としてカット野菜の加工適性に関する研究を行った。この研究ではまず前段（第1章、第2章）で加工適性の評価には欠くことのできない品質評価法の開発、品質変動要因の解明を行い、その成果を基に、後段（第3～5章）でカット野菜加工適性に関して検討し、好適加工原料を選ぶための基準を解明しようとした。

前段の品質関連研究では、まず生食キャベツの主要品質要因として、①硬さ②多汁性③

食味を選び、その評価法の開発、ついでキャベツの品質が変動する要因を①栽培技術、②気象条件、③遺伝的な面の3方向から調べた。この前段における研究から我が国で生産されるキャベツの品質的特徴、品質変動の範囲を、計測可能な物性値、化学成分含量で表示できるように工夫した。

後段のカット野菜加工適性の研究では、①加工収率（歩留り）②カット後の品質劣化機構、③消費者の嗜好の3方向から検討した。

①では、実験室レベル、加工工場レベルの2段階の歩留まりの品種間差異の調査を行い、この結果から、歩留まりの高い品種が具備すべき条件を明らかにしようとした。

②では、カット野菜の最も主要な品質劣化要因であるカット後の褐変について、褐変しにくい品種の検索、褐変しにくい原因の解明を行った後、褐変しにくい品種を用いることによるカットキャベツの品質保持法実用化の可能性を示した。

③では新しい食品としてのカットキャベツが消費者にどの程度受け入れられるかを知るため、ここまで得られた知見を総合的に組み入れた消費者嗜好調査を行った。

この研究を通じ、①消費者嗜好に関連の深い硬さ、多汁性、食味について客観的評価法を工夫し、②多くの品質関連形質について変動要因を遺伝的（品種）及び環境要因の両面から解明し、③カットキャベツの褐変の品種間差を他の青果物では全く例のない傷害エチレンの多少から解明しようとする等は、近年増加している品質関連研究でもほとんど例のない研究手法によっており、得られた結果についても新しい多くの知見を含んでいる。

本研究によって、原料キャベツとして適切な品種を選択する手法が確立したので、レタスについての同様な研究（高田、1988）及び近年急増しているカット野菜の製造や品質保持に関する研究成果（河野ら、1984、品川ら、1986、菅原ら、1987、永島ら、1989、椎名ら、1988、太田ら、1987、坂根ら、1989、村岡、1988、名和ら、1987a、1987b、Ballantyne、1988、青果物カット事業協議会、1989）と相まって、カット野菜流通方式の発展、定着のための技術的な基礎に大きく貢献できよう。

第1章 品質評価法の開発

キャベツは他の野菜と同様、品質として評価すべき項目は多い。現在までのところ、そのすべての項目について、評価法は確立されていない。その理由として、嗜好品とは異なり、最低ラインの品質条件（外観、大きさ、病害虫がないことなど）さえ満たしていれば、それ以上要求されることは少ないこと、重要な品質項目である食味、フレーバー、テクスチャー等に関連する理化学的性質が解明されていないため、評価方法が組み立てにくいことが挙げられる。しかし、色、形のような簡単な項目だけにとどまらず、食味などのより本質的な項目についての評価法が必要なのは緒言で詳述したとおりである。

第1章では、キャベツの品質で特に重要と思われる硬さ、多汁性、食味についての評価方法を開発しようとした。その方法論は3項目に共通しており、最初に消費者がその項目について十分な識別能力を持つかどうかの調査、次いでその項目と関連のある理化学的性質について、測定法の検討、最後に消費者パネルによる官能評価と理化学的評価法との対応関係を調べた。

第1節 硬さの評価

I 目的

硬さ（軟らかさ）はキャベツの最も重要な品質項目の一つで、消費者は鮮度とともに、硬いか軟らかいかを判断基準にして、買うキャベツを決めているとの調査結果がある（東京青果，1981）。また、キャベツの品種改良の重要な柱の一つは柔軟なキャベツを作ること（野菜試験場企画連絡室，1981）とされている。このように硬さは重要な品質項目であるにもかかわらず、硬さを評価する方法の開発を試みた例は少ない。

キャベツの硬軟は細胞組織の構造や生理的な状態の違いから生じると思われる。しかし、細胞壁成分（食物繊維）や葉の形態的特徴と硬さとの間には一定の関係は見出せなかった（矢野，1981b、1984）。中ろくの硬さは中ろくの維管束と道管の種類や形態と関係があるとする興味深い報告（宇敷，1967）があるが、これについても葉の大部分を占める葉肉には適用できない。

青果物の硬度の測定には一般に果実硬度計が用いられている。この果実硬度計は簡便で実用的ではあるものの、微妙な硬さ、微小な部位の硬さの評価には難があり、特にキャベツのような葉菜の評価には使えない。

1970年頃からの食品のレオロジー的研究の進展(Noble, 1975, Christensen, 1984)に伴い、物性測定機器の普及が進み、青果物(メロン、キュウリ、ダイコン、ニンジン)にも適用される例が増えている(Masseyら、1973、堀内ら、1976、堀内、1980、菅野ら、1978、Lindaら、1974)。この機器は各種のプランジャーで組織の破碎に要する荷重をロードセルで計測するもので、微妙な物性の違い(福田ら、1980、栃木ら、1986)や微小な部位の測定も可能である。そこで、このような物性測定機器を用いて、キャベツの硬さを測定する方法を開発しようとした。

II 材料及び方法

1. 供試材料

供試材料には野菜試験場(現野菜・茶業試験場、以下野菜・茶業試験場と記す)圃場、及び旧一身田圃場で栽培したキャベツを用いた。栽培条件はほぼ慣行に準じ、施肥は窒素、りん酸、カリをそれぞれ2kg/aとし、栽植密度は4.0株/m²で2条植え、球の形状、固さが品種固有の状態になった時期に収穫し、直ちに品質調査に使用した。栽培時期は特に断らない限り秋冬採りである。

2. 官能評価

硬さが著しく異なる4品種(絶対評価法)、硬さが軟らかいものから中程度までの10品種(順位法)を幅1~2mmの千切りとしてパネリストに試食させた後、評価を求めた。絶対評価法では野菜・茶業試験場職員11名をパネリストとし、硬い(2点)、普通(1点)、軟らかい(0点)の3段階評価の平均評価点を算出した。順位法では同じく7名のパネリストを用い、10検体を比較させ、硬いものから軟らかいものまで順位を付けさせた。

本報告では、消費者パネルという語を頻繁に使用しているが、一般の消費者が硬さなどの違いを識別できるかどうかを判定する必要から、特に訓練を受けていないパネリストを意図的に用いていることによる。

3. 機器による物性測定

物性はインストロン型の引張り圧縮試験機(島津製作所 オートグラフP100)を用いて円柱状プランジャーによる業肉部の貫入抵抗を測定した。この方法に加えて、テクスチュロメーター(米国ゼネラルフーズ社)を用いてカッターブレードによる一部葉脈を含む

葉肉部の剪断抵抗を測定し、評価対象とした。

Ⅲ 結果及び考察

1. 官能評価

供試したのは硬いことで定評のある‘晩抽理想’と‘耐寒大御所’の2品種と同じく軟らかいとされている‘夏早生’、及び中程度の硬さと思われた‘熊本試交2号’の計4品種で、それぞれについて4葉位（表面から1, 2, 4, 5枚目）の計16検体を用い、消費者がそれぞれの硬さの差を識別できるかどうかを絶対評価法（岩田, 1977）で調べた（Table 1-1）。品種間差では‘晩抽理想’、‘耐寒大御所’及び‘熊本試交2号’を硬いとし、‘夏早生’を軟らかいと判定し、葉位では表面の第1葉を硬いとし、表面から4, 5枚目を軟らかいとしたパネリストが多かった。ダンカンの多重検定では表面の葉と内部の葉に、また同じ葉位であれば、‘晩抽理想’など3品種と‘夏早生’の間に1%の危険率で有意な差があった。‘晩抽理想’と‘耐寒大御所’の2品種は硬いことで定評のある寒玉系の品種、一方‘夏早生’は軟らかいことで定評のあるサクセション系（芦沢, 1987）である。ここで行った官能検査の結果から、専門家が差があるとしている程度の明らかな硬さの差は一般の消費者も十分に識別できると判断した。

次に、もっと硬さに差の少ない場合にも同様に、識別できるかどうかを知るため、硬い品種の寒玉系を含まない10品種の組み合わせで順位法による硬さの官能評価を行った（Table 1-2）。硬さの順位合計が小さかったのは‘デリシャス’と‘びわみどり’の14（7名のパネリスト全員が10品種中最も硬いと判定すれば7、一方最も軟らかいと判定していれば70となる）、反対に大きかったのは‘トップ’と‘秋王’で67と66であった。他の6品種は23~52に分布した。この官能評価結果はKahanら（1973）の順位検定表によると5%水準で有意で‘びわみどり’と‘デリシャス’は他より硬く、‘トップ’と‘秋王’は他より軟らかいと判定された。

これらの結果から、硬さの差の少ない場合でも、消費者はその差を識別できると考えられた。

2. 物性値の測定法

目的の項で述べたように、葉の形態や細胞壁成分からキャベツの硬さを判定することは難しいと思われたので、ここでは簡易で精度の良い物性値の測定条件を設定し、硬さの評

価法に役立てようとした。

青果物の物性測定には貫入試験、剪断試験、テクスチャープロフィール分析の3種類の方法がある(岩田, 1977)。このうち、キャベツに適用可能な前2者について検討を行った。試験に用いた機器の概要をFig. 1-1、-2に示した。また、貫入・剪断時のForce-distanceの模式図をFig. 1-3に示した。キャベツの硬さの程度は貫入や剪断に要する力、言い換えると葉の抵抗の大小から判定できると考えられるので、硬さに関連する物性値としてこの両抵抗値を選んだ。

物性測定条件の設定という観点からみると、1個のキャベツの物性値を、1枚の葉のどの部位で、また表面葉から内部までの20~30枚の葉のどの葉位で代表させるかという問題がでてくる。

そこで、この貫入、剪断の両抵抗値を、硬い品種の‘やよい’とやや軟らかい品種の‘秋蒔中早生’を材料に、1枚の葉の中の部位別と葉位別に測定した。貫入抵抗を1枚の葉の中で無作為に20カ所測定した場合(Table 1-3)、変動係数は30%を越えるものもあるなど変動幅は著しく大きかった。剪断抵抗も貫入抵抗ほどではないものかなり大きい変動幅を示した。測定部位を中央に限定すると貫入抵抗の変動係数は半減した。貫入抵抗の葉位別測定では、2品種は傾向を異にし、‘やよい’は部位差がほとんどないのに対し、‘秋蒔中早生’では結球表面から内部に入るにつれて小さくなった。一方剪断抵抗は両品種とも同様の傾向で結球内部に入るほど小さくなったが、3葉目より内部ではその傾向は小さかった(Fig. 1-4)。

以上の結果から、一枚の葉の中では中央部分で(Fig. 1-1、-2参照)、葉位について1~3枚目までの平均値で測定すれば、ほぼ1個の平均値が出ると判断した。

3. 物性値と硬さの相関

貫入抵抗、剪断抵抗と硬さの間に相関があるかどうかを知るため、I.の官能評価に使用した材料と同じもので物性値を測定した(1枚の葉の右半分で官能検査、左半分で物性値の測定)。まず、16検体について絶対評価を行った材料での相関をFig. 1-5に示した。硬さの評価点数と貫入抵抗との間には $r=0.70$ 、剪断抵抗との間には 0.92 といずれも比較的高い相関がみられ、硬さの程度はこの両物性値からある程度推定できると考えられた。貫入抵抗の場合、硬さとの関係がやや不明瞭な個体(図中の矢印で示した4個体)が存在した。これらの個体は‘晩抽理想’、‘耐寒大御所’の表面から4、5枚目について測定し

たもので、いずれも葉肉の厚さが0.58~0.62mmと他よりかなり厚く、そのため貫入抵抗値がやや高めに出的るのではないかと推定された。そのため、葉内の厚さが平均的な品種(0.4~0.5mm)と比較して著しく厚い試料(例えば0.6mm以上)の場合には若干の配慮が必要と思われた。

次いで、硬さを順位法で調査した10検体について、硬さ(順位合計)と貫入抵抗の関係を調べた(Fig. 1-6)。相対的に硬いと判定された2品種(‘びわみどり’、‘デリシャス’)は貫入抵抗は大きく、一方軟らかいと判定された2品種(‘トップ’、‘秋王’)はいずれも貫入抵抗は小さかった。また、硬さ中程度と判定された6品種は貫入抵抗はいずれも中程度であった。このように、硬さの差は上述の絶対評価の場合よりはるかに小さいにもかかわらず、硬さと貫入抵抗の間には密接な関係が得られた。

以上の結果から、貫入抵抗や剪断抵抗で硬さの判定が行えることが明らかとなった。

IV 摘 要

カットキャベツの硬さを評価する方法について検討し、次の結果を得た。

- 1) 消費者パネルに、絶対評価法と順位法でカットキャベツの硬さを判定させたところ、いずれの方法でも硬さの差を識別できた。
- 2) 硬さの評価に使う目的で、2種類の物性値(貫入抵抗、剪断抵抗)の測定法を引張り圧縮試験機とテクスチュロメーターを用いて検討し、精度よく測定するための方法を決定した。
- 3) 葉肉の貫入抵抗値、剪断抵抗値は硬さの官能評価値との相関が高く、硬さの評価法として使用できることが明らかになった。

第2節 多汁性の評価

I 目 的

生食キャベツの食べやすさは、軟らかさと同時に、多汁か否かにも左右される。そのため、多汁性はキャベツの品質評価の際に重要な品質項目とされることが多い(食品総合研究所, 1985)。また、業務用カットキャベツを利用している飲食店での聞き取り調査の結果(菅原ら, 1987b)によれば、これらの飲食店は望ましいカットキャベツ商品の条件として多汁性であることを、一つの条件として挙げている。

キャベツ以外にも多汁性が重要である野菜や果実は多いが、いずれも主観的な評価にとどまっており、客観的な評価方法が確立されている例は少ない。わずかに、カンキツ果実について、多汁か否かの判定に果汁歩合の大小を使用している程度である（果樹試験場興津支場，1987）。

そこで、多汁性を客観的に評価する方法の開発を試みることにし、最初に消費者が多汁性を識別できるかどうかの確認、次いで多汁性が水分や葉肉の厚さ等の計測しやすい形質で説明できるかどうかの検討、最後に、キャベツが歯で破壊される条件を模した実験系を設定し、その系で測定した汁液流出量を用いて、多汁性を評価しようとした。

II 材料及び方法

1. 官能評価

7月中旬播種、11月中旬収穫の9品種（‘サボイキング’、‘はるなぎ’、‘耐寒大御所’、‘はまかぜ’、‘ハイマート’、‘トップ’、‘金春’、‘はやどり’、‘デリシヤス’）を材料に用いた。

フードスライサーで調製した2mm幅の千切りキャベツをパネルに順不同で与え、試食後、3段階の絶対評価（多汁、やや多汁、多汁でない）での回答を求めた。評価結果は、多汁：2点、やや多汁：1点、多汁でない：0点とし全パネリストの平均点数で表わした。パネルには多汁性の官能試験には未経験の野菜・茶業試験場職員21名を使用した。

2. 原料キャベツの諸形質と多汁性との関連

官能評価に使用した個体と同一個体について、水分含量（凍結乾燥による重量減少）、葉肉の厚さ（表面から3枚目の中央部分からコルクボーラーで葉片を切り出し、ダイヤルカルパーで測定）、汁液の屈折計示度（手持屈折計）、葉肉及び中ろくの貫入抵抗（葉肉は3枚目の中央部で、中ろくは同じく3枚目の中ろく基部の芯から3cmの位置で、いずれも測定法は第1節の方法と同じ）の計5形質を測定あるいは計測を行った。

3. 圧搾汁液量の測定

キャベツ組織が機械的衝撃で破壊される時に流出する汁液量を測定する実験系を作るため、キャベツをみじん切り（上述のフードスライサーによる）とし、その15gを東洋濾紙（No 2，径11cm）2枚に挟んで、1定量の荷重を1定時間かけた。流出した汁液の量は処

理前後の濾紙重量の差から算出した。

Ⅲ 結果及び考察

1. 官能評価

予備調査で著しい多汁性の差を認めていた9品種を用い（‘デリシャス’の繰り返しを含む10検体）、消費者が多汁性の差を識別できるかどうかを調べた（Table 1-4）。供試品種のうち、‘デリシャス’と‘はやどり’は多汁性とするパネリストが多く、‘サボイキング’と‘はるなぎ’は多汁性でないとするパネリストが多かった。他の品種はその中間であった。異なる個体で調査した‘デリシャス’は両方の検体ともほとんど同程度の評価結果が得られた。この官能試験の多重検定の結果は1%レベルで有意差が認められ、消費者は最も多汁性であった‘デリシャス’から最も多汁性でなかった‘サボイキング’まで数段階の多汁性の差を識別できると考えられた。

2. 原料キャベツの諸形質と多汁性の関連

Table 1-4で見られた多汁性の差が原料キャベツのどのような性質に起因しているかを知るため、上記の10検体について水分含量、汁液の屈折計示度、葉肉の厚さ、葉肉と中ろくの貫入抵抗を測定し、1.で求めた多汁性評価点数との関係を調べた（Fig. 1-7）。中ろくの貫入抵抗を除く、4形質はいずれも多汁性評価点数との相関は全くないか、あっても極めて低かった。水分含量は当初、多汁性と関係が深いのではと推測されたが相関は低かった。中ろくの貫入抵抗については興味深い傾向があり、‘デリシャス’のみが傾向が異なるものの、他の品種では多汁性の品種ほど貫入抵抗が小さい（軟らかい）傾向が認められた。中ろくを木の幹とすれば、葉脈は枝であり、中ろくと葉脈の硬・軟は、おそらく一致すると考えられるので、多汁性か否かは葉脈の硬軟に帰せられる。すなわち葉脈が軟らかい品種が多汁性となるものと推測された。

しかしながら、このように、中ろくの貫入抵抗は多汁性と関係があると考えられたものの、それだけでは説明できない品種があるため、他の4形質同様、中ろくの硬さからも多汁性を判定することには無理があると考えられた。

3. 圧搾汁液量の測定と多汁性との相関

多汁性は、キャベツの組織が歯で圧搾破碎された時に出る汁液量の多少で決まる。そこで、この状態を人為的に作り出して、多汁性の評価に利用するため、最初に測定条件の検

討を行った。みじん切りキャベツに荷重をかけたところ、試料から汁液を流出させることができたが、その量は測定条件によって著しく異なった。すなわち、みじん切りが小さくなるほど、また荷重と負荷時間が大きくなるほど、流出する汁液量(圧搾汁液量と呼ぶこととする)は多くなった(Fig. 1-8)。しかし、これらの条件を一定にした場合、例えばみじん切り1×1mm、荷重15kg、負荷時間1分にそろえて測定すると、‘デリシャス’の圧搾汁液量は試料15g当たり、平均値1.42g、変動係数6.6% ‘サボイキング’が平均値0.53g、変動係数6.6% (いずれもn=5) となり、測定値のふれを小さくできることがわかった。なお、流出する汁液量が大きくなると、濾紙の吸収能力を越え、濾紙が破れたりするため、測定不能となることがあった。そのため、流出する汁液量を小さくするため、標準の測定法ではみじん切りの程度を1×2mmのやや大きい試料を用いることとした。この場合の変動係数も5~10%程度に収まった。

次に、この圧搾汁液量が実際に多汁性と相関があるかどうかを知るため、1. で使用したカットキャベツと同一試料でその測定を行った。その結果を多汁性の官能評価結果(多汁性評価点数)との関係で示した(Fig. 1-9)。両者には高い相関が認められ($r=0.928$)、多汁性の品種ほど圧搾汁液量は大きくなった。過半数のパネリストが多汁性とした品種の圧搾汁液量はほぼ0.8g以上、逆に多汁でないとしたのは約0.45g以下であった。多汁性か否かはこの基準値との比較によって判定が可能と判断した。

以上のように、圧搾汁液量による多汁性の評価は、官能評価との相関が高く精度も良いことから、十分実用的に使用できると思われる。残された問題は、みじん切りの大きさがそろえにくいこと、降雨後のキャベツには球内に水滴が多数有り、これを除去しないと測定値が異常に高くなることで、原理的には簡単であるにもかかわらず、操作はかなり煩雑なため工夫の余地が残っている。

IV 摘 要

多汁性の評価方法について検討し、次の結果を得た。

- 1) 多汁性の官能試験結果から、キャベツには著しい多汁性の差があり、消費者パネルはその差を識別できることが明らかになった。
- 2) 原料キャベツの形態的、物理的な特徴から多汁性の良否を判定するのは困難であった。
- 3) みじん切りキャベツに荷重をかけ、濾紙に吸収された圧搾汁液の量は多汁性の官能評価との相関が高く、この値を測定することによって多汁性の評価が可能であった。

第3節 食味の評価

I 目 的

生食キャベツの食味に関しては、高橋（1970）の研究がある程度でほとんど研究例はない。色、硬さ、多汁性に比較すれば、食味には際だった特徴がないことが、消費者、研究者に問題意識を持たせないものと思われる。キャベツの嗜好調査を行ったMartens(1985)の研究でも、多汁性、歯切れなどに比較すれば食味関連形質の重要性は低いとされている。しかし、食品である以上、食味も無視できないので、第1節と第2節の硬さ、多汁性と同様の手法で評価方法について検討することとした。

この研究では、最初に消費者パネルを用い、食味の良否の判定ができるかどうかの調査を行った。その結果、キャベツの食味評価には甘味やうまみのようなプラス要因よりは辛味や苦味などのマイナス要因及び食味とは直接関係のない多汁性か否かなどが関係するよう思われた。そこで、辛味の程度を消費者パネルが評価できるかどうかを調査した後、辛味成分（キャベツのようなアブラナ科野菜ではイソチオシアネート類）の測定方法を検討し、その測定値を食味の良否の評価に利用しようと考えた。

II 材料及び方法

1. 供試材料

供試材料には野菜・茶業試験場圃場で栽培した適期収穫のキャベツを用いた。

2. 食味の官能評価

食味の特徴や品種群などを考慮して選んだ5品種（‘越のひかり’、‘デリシャス’、‘サボイエース’、‘耐寒大御所’、‘ボールヘッド’）を用いた。これをフードスライサー（大栄製作所）を用いて2mm巾の千切りキャベツとし、食味評価用の試料とした。

パネルには野菜・茶業試験場職員24名を消費者パネルとして使用した。官能評価は、予備調査で食味に特徴がないと判定された‘越のひかり’を対照とする相対評価によって行い、このサンプルに比較して、良い（2点）、同程度（1点）、悪い（0点）のカテゴリーで回答を求めた。結果はパネル全員の平均点で表示した。

3. 辛味の官能評価

辛味評価は2回に分けて行い、6月採りで7品種、3月採りでは4品種（球の内部と表面部分に分け、計8検体）を用い、パネルには野菜・茶業試験場職員20名を用いた。評価は3段階（辛い：2点、やや辛い：1点、辛くない：0点）の絶対評価とした。

4. 全糖・圧搾汁液量の測定

全糖は80%エタノールで抽出し、テクニコンオートアナライザー法（反応コイル中でシュクロースを酸加水分解し、生成した還元糖を赤血塩法で測定）で測定した。圧搾汁液量は前節に示した方法に準じて測定した。

5. キャベツ汁液中のイソチオシアネート類の分離・同定

1kgの‘グリーンボール’を2リットルの蒸留水でホモジナイズし、そのホモジネートに300gの食塩を加えた後、濾過し、濾液を得た。この濾液を凍結蒸留後、エチルエーテル500mlを用いてフレーバー成分を抽出した。エーテル画分は無水硫酸ナトリウムで脱水後（24時間）窒素ガスを吹きこんで濃縮し、ガスクロマトグラフ用の試料とした。ガスクロマトグラフの測定条件はカラム：Unisole400(FS-Wcot) glass capillary column 0.25×25m, 検出器：FIDとFTD、カラム温度：65～195℃まで4℃/分で昇温、キャリアガス：窒素で1.5ml/minであった。ガスクロマトグラフィーマススペクトロメトリーの条件は、Fig. 1-12に示した。

6. アリルイソチオシアネート (AITC) 含量の簡易定量

キャベツを3cm角程度に刻み、市販のジューサーで搾汁・濾過し、汁液を調製した。この汁液の15mlを、内部標準のフェニルイソチオシアネートとともに容量20mlのバイアルビンに入れ、食塩飽和後、100℃で2分間加熱し、ヘッドスペースガス1mlをガスクロマトグラフィー（カラム、Uniport HT上に5%PEG-HPを塗布；検出器、FID；カラム温度70℃→190℃、4℃/分の昇温；キャリアガス、窒素 40ml/分）で測定した。定量は内部標準法（フェニルイソチオシアネート）によった。

III 結果及び考察

1. 食味の官能評価

官能試験には、予備的な調査によって食味にはかなりの差のある品種を選んで使用した。その特徴は次のとおりである。

- ① ‘サボイエース’：全糖は多い方 (3.92g/100g生体重) だが、圧搾汁液量が小さく (0.36/15gカットキャベツ) 多汁性に欠ける。
- ② ‘ボールヘッド’：全糖 (2.96g/100g生体重) 圧搾汁液量 (0.65/15g) とも中程度である。
- ③ ‘デリシャス’：全糖が最も少なく (2.64g/100g生体重)、圧搾汁液量は最も大きく (0.87g/15g) 多汁性。
- ④ ‘耐寒大御所’：全糖は最も多かったが (4.32g/100g生体重)、圧搾汁液量が小さい (0.40g/15g) 上に硬かった。また、他の品種と違って明らかに辛味が感じられた。

試験を実施したのが6月であったため、全糖含量の多いもの (例えば冬採りなら5g/100g生体重以上は普通である) がなかった点を除くと特徴のある品種がそろったと考えている。

このような材料について官能評価を行った結果をTable 1-5に示した。硬さ・多汁性に比較すると評価結果にバラツキが見られたが、ダンカンの多重検定結果は1%レベルで有意差が認められ、消費者パネルは明らかに食味の良否を識別できたと考えられる。最も高い評価を得たのは、‘デリシャス’で24人中14人が食味良と判定した。これに対して、‘耐寒大御所’は14人、‘サボイエース’は18人が食味を好ましくないと判定した。

この結果は予備調査の結果から考えると予想外の結果であった。すなわち、全糖が少なく、評価は低いと思われた‘デリシャス’の方が評価が高く、逆に (非多汁性で辛味はあるものの) 全糖が多く、評価が高いと予想された‘耐寒大御所’‘サボイエース’の評価が低かった。この事実は、2~4g/100g生重程度の範囲の糖含量では、糖が関与する甘味の強弱よりは、他の要因 (例えば多汁性・辛味の有無) の食味への影響が強いことを示している。消費者パネルは多汁性で辛味がなければ、食味良好と判断し、非多汁性あるいは辛味があれば食味不良とする傾向あると思われた。

2. 辛味の官能評価

食味の良否が辛味・多汁性の有無で判断できそうに思われたので、次に消費者パネルが辛味の差異を識別できるかどうかの調査を行った。3月採りでの結果をTable 1-6に、6月採りでの結果をTable 1-7に示した。いずれも分散分析結果は1%レベルで有意で試料

間には辛味の明瞭な差異があり、また消費者パネルはキャベツの辛味を識別していると判断された。結果の中味を詳しく調べてみると、消費者パネルは辛味に比較的鋭敏な人と鈍感な人に分けられるように思われる。辛味点数が0.5~0.8程度の試料については、鋭敏なパネルはわずかな辛味を感じているのに対し鈍感なパネルは辛味なしと判定し、辛味点数1~1.5の試料では、鋭敏なパネルは辛いと判定しているのに対し鈍感なパネルはわずかな辛味と判定しているようであった。

辛味に対する感知能力には個人差があるものの、ほぼすべての消費者がキャベツの辛味を識別できることから、消費者は辛味があることを食味の良否の判定に利用していると推察された。しかも、Table 1-5の‘耐寒大御所’の例から想像すれば、辛味があれば、消費者パネルは食味不良と判断しているように思われた。

3. キャベツに含まれるイソチオシアネート類の同定

キャベツなどのアブラナ科の野菜はワサビを筆頭に多かれ少なかれ辛味をもっている。その辛味は、組織中に存在するがグルコシノレートと総称される化合物が組織破壊時に加水分解を受けることによって生成されるイソチオシアネート（芥子油）に由来する(Fig. 1-10)。グルコシノレートはそのアルキル基の違いによって数十種類あり、生成するイソチオシアネートも多数にのぼると推定される。ワサビ・ダイコンの辛味はそれぞれ、アリルイソチオシアネート、メチルチオブテニルイソチオシアネートによることが古くから知られているが、キャベツについてはアリルイソチオシアネートが大量に生成されるとの報告(Lesliesら、1977)があるものの、辛味に関する報告はない。そこで、辛味評価法をイソチオシアネート類の定量によって、確立することを目指し、キャベツの組織破壊時に生成するグルコシノレート由来の化合物の同定を試みた。

辛味が中程度であり、鋭敏な消費者パネルなら辛味を感じる程度の品種である‘グリーンボール’を供試材料に選び、フレーバー成分を回収した。この成分のガスクロマトグラムをFig. 1-11に示した。イソチオシアネート($R-N=C=S$)は窒素を含むので窒素の検出法であるFTDでも検出を行った。139種類を越す揮発成分が検出されたが、このうち窒素を含む成分は30であった。これらについて、ガスクロマトグラフ-質量分析計でマススペクトルを測定した。このマススペクトルをSpencerら(1980)の結果と照合することによりグルコシノレート由来の化合物として12種類のイソチオシアネート、9種類のシアニド(ニトリル)が確認できた(Itohら、1985)。このうち主要な化合物のマススペク

トルをFig. 1-12に示した。グルコシノレートからはエピチオニトリルが生成することが知られているが(Kaoullaら、1980)、このような微量成分も同定できた。これらグルコシノレート類をFig. 1-11のピーク高さとの関係でみると、アリルイソチオシアネートのみ圧倒的で他は著しく微量であることが確認された。

キャベツのグルコシノレートには、アルキル基としてアリル以外の化合物を持つものも多数知られている (VanEttenら、1976)。しかし、揮発成分として回収されたのは、アリルイソチオシアネートのみが圧倒的に多かったが、その理由は不明で、今後検討の必要があると思われる。

4. アリルイソチオシアネート (AITC) の簡易定量と辛味程度との関連の検討

キャベツの組織破壊時に生成されるグルコシノレート分解物としてAITCが圧倒的に多いことがわかったので、キャベツの辛味評価を、AITCを定量することによって行うことを考えた。評価法として利用するには簡易に定量する必要があるので、Itohら(1984)が、アブラナ科野菜全般のイソチオシアネートの分布の調査に利用したヘッドスペースガス法で、キャベツのAITCを定量することとした。測定条件を検討した結果 (Itohら、1985)、材料及び方法の項に示した方法で簡易に測定することができた。この方法によるヘッドスペースガスのガスクロマトグラムを辛味の強い‘夏早生’と辛味が感じられない‘トップ’についてFig. 1-13に示した。AITCのピークは‘夏早生’が著しく大きいのに対し、‘トップ’はこん跡程度であった。AITC以外のイソチオシアネートは‘夏早生’で3-ブテニルイソチオシアネートと推定されるピークが見られたものの、他のイソチオシアネート類は全く検出されなかった。また、この他にも多くの品種についてクロマトグラムを取ったがAITC以外のイソチオシアネートは検出されなかった。

AITCの定量が可能となったので、辛味の官能評価を行ったTable 1-6、-7の試料について、AITC含量を測定し、辛味評価点数との関連をFig. 1-14に図示した。両者の関係は明瞭で、AITC含量が0.5mg/100g生体重以下では辛味点数0、0.5~2mg/100g生体重の範囲の試料では、辛味点数が0.5~0.8程度、2mg/100g生体重以上の試料では辛味点数が1.2~1.5であった。辛味の強さとの関係でいえば、0.5mg/100g生体重以下では、辛味を感じるパネリストは皆無で、0.5~2.0mg/100g生重では一部(半数)のパネリストがわずかな辛味を感じており、2mg/100g生体重以上になるとほぼ全員が辛味を感じることが分かった。このように、キャベツの辛味はAITCを定量することで判定できる

と考えられた。

実験開始前には、キャベツの食味には複雑な要因が関与することが想像されたため、限られた要因だけでその良否を判定することは困難視していた。しかし、Table 1-5の結果から、多汁性、辛味の有無が食味に重要な役割を果たすことが明らかになった。また、多汁性、辛味が同じであれば全糖が多い方が当然、食味は良好と思われるので、全糖を加えた3要因で食味評価は可能のように思われる。本研究では食味の良否を、具体的な基準値で示すには至らなかったが、前節で開発した圧搾汁液量、A I T C含量と全糖含量が分かれば、食味の良否についてある程度の判断ができると考えられた。残された問題は、一部のキャベツには苦味があること（高橋、1970）で、これについては研究例はあるものの苦味成分の見当もついていない。キャベツの食味評価の完成には、この成分の研究が不可欠と思われる。

IV 摘 要

キャベツの食味評価法について検討するため、食味の官能評価、辛味の官能評価、アブラナ科野菜の辛味成分であるイソチオシアネート類の検出、同定、キャベツの主要辛味成分と目されたアリルイソチオシアネート（A I T C）の簡易定量法の検討、及びA I T C含量と辛味との関係を調べ、次の結果を得た。

- 1) 対照品種との対比による相対評価法で、消費者パネルが食味の差異を識別できることが確認された。官能評価結果から、キャベツの食味の良否には多汁性・辛味が関係することが明らかとなった。
- 2) 辛味の官能評価結果から、消費者パネルが辛味の差異を識別できることが確認された。
- 3) キャベツの辛味に関するイソチオシアネート類の検出、同定をガスクロマトー質量分析計によって行い、12種類を確認した。このうちアリルイソチオシアネートが量的に圧倒的に多かった。
- 4) A I T Cをヘッドスペースガス分析法によって簡易定量する方法を検討し、辛味程度はA I T C含量で評価できることが明らかになった。

第4節 総合考察

第1章ではカットキャベツの品質として重要と思われた硬さ、多汁性、食味についてそ

の評価法について検討した。これらの方法が関係者に認知され普及するためには次の条件を満たす必要がある。①評価法以前の問題であるが、その性質の差を消費者が識別できるかどうかの確認、②官能評価値と相関の高い理化学的計測法かどうか、③簡易・迅速かどうかの3条件である。

青果物の品質評価法について多くの方法が考案されているが、その多くは普及することなく終わっている。この3条件のどれかを欠いている為と推察される。ここでは本章で考案した評価法について①～③との関連で考察を進める。

1. 消費者が識別できるかどうかの確認

硬さ、多汁性については官能試験の結果から消費者はその差を十分識別できると考えられる。食味についても、その良否のほか、辛味の強弱も識別できることが明らかになった。

この結果は、消費者がこの性質の差異をキャベツ品質の良否判定の要因にしている、あるいはその可能性があることを示している。

したがって、キャベツの品質を論じるためには、これらの性質を評価する手法の開発が急務と判断した。

2. 官能評価値と相関の高い理化学的評価値かどうか。

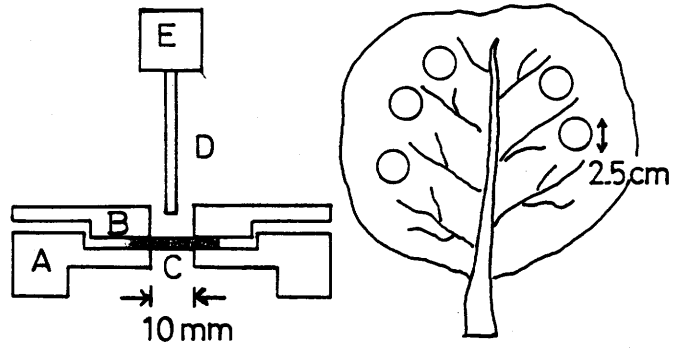
硬さの剪断抵抗値、多汁性の圧搾汁液量はいずれも官能評価値との相関係数が0.9以上であること、理化学的計測法であることから、この条件をクリアーしている。貫入抵抗値による硬さの評価方法は相関係数が0.7とやや低い、これはこの物性値が葉肉の厚さの影響を受ける為で、極端に葉肉の厚い試料についてはそのままの適用には問題があろう。

食味については、AITC含量と多汁性（圧搾汁液量）の測定によって、その良否をある程度判定できることが明らかとなったが、甘味と苦味を考慮に入れた評価法について、更に検討が必要である。

3. 簡易、迅速かどうか

貫入・剪断抵抗はいずれも測定は容易であるが、使用する機器が特殊であることが難点である。圧搾汁液量については、特別な機器は必要としないが、試料調製が面倒である。辛味成分は試料調製は簡単であるものの、測定方法がガスクロマトグラフィーによる昇温法であるため、短時間に多点数の測定は無理である。

以上、硬さ、多汁性、食味の評価法について、3つの観点から考察した。関係者に認知され、普及するには改良すべき点があることが分かる。しかし、評価方法としては適切であり、本研究で加工適性の研究に使用するには十分実用性はあると考えた。



Instrument:

Shimazu Autograph P100

A,B: supporting tool

C: leaf disk

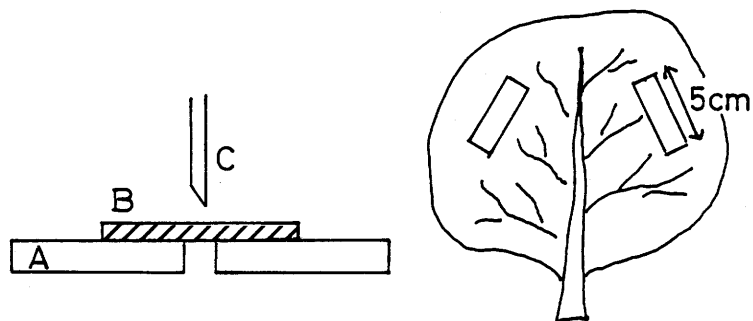
D: cylindrical plunger

(2mm ϕ , 100mm/min. of penetration rate)

E: load cell

Parts for measurement

Fig. 1-1. Conditions for measuring puncture resistance of cabbage mesophyll.



Instrument:

General Foods Texturometer

Model GTX-2

A: supporting tool

B: leaf section

C: cutter blade

(5cm, 200mm/s of shear rate)

Parts for measurement

Fig. 1-2. Conditions for measuring shear stress of cabbage mesophyll.

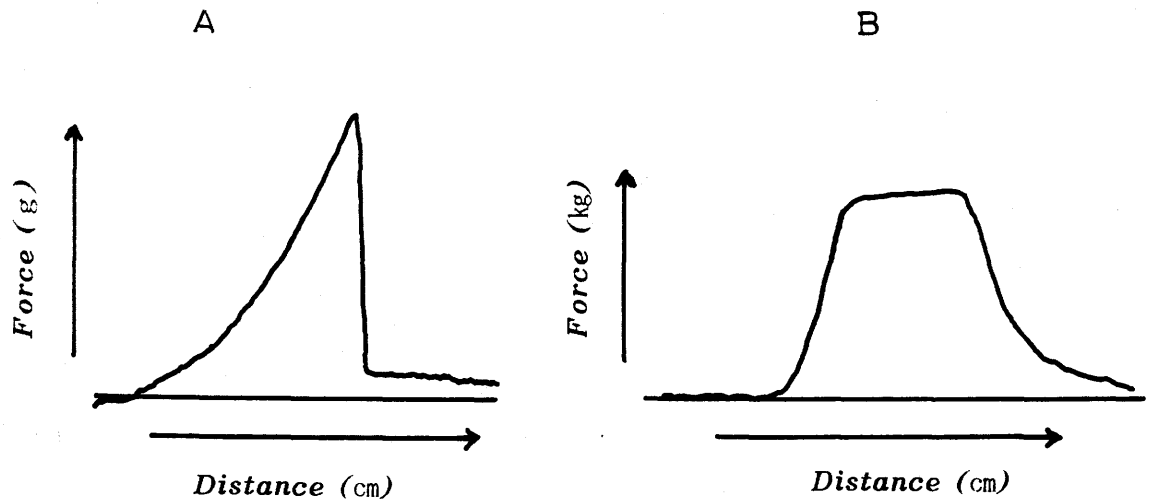
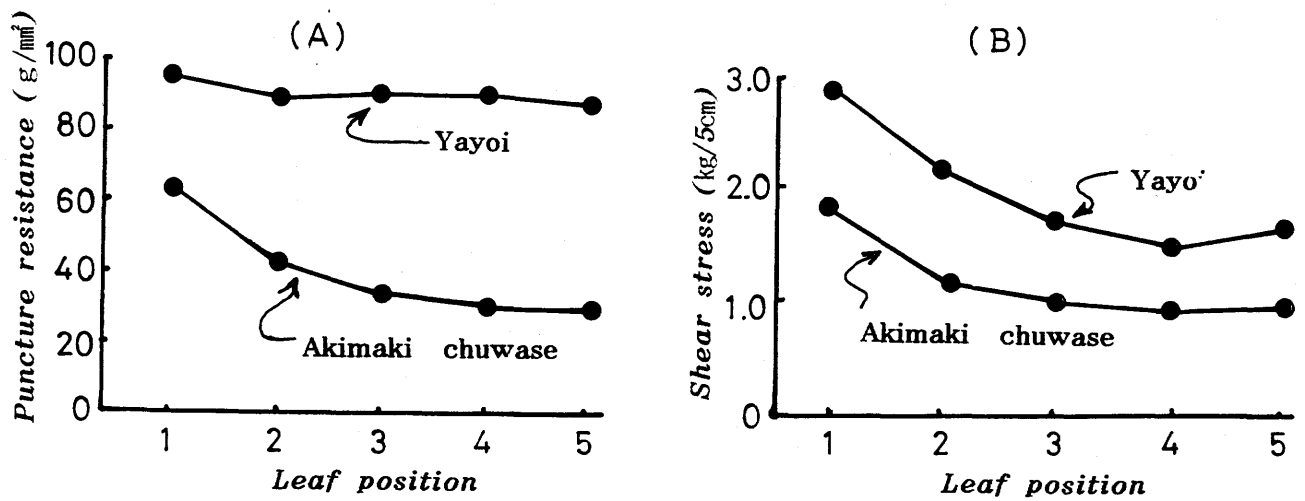


Fig. 1-3. Typical force-distance curves obtained by penetration (A) and shear experiments (B) with cabbage mesophyll.



(The number of leaves from head surface)

Fig. 1-4. Effects of leaf position on puncture resistance (A) and shear stress (B).

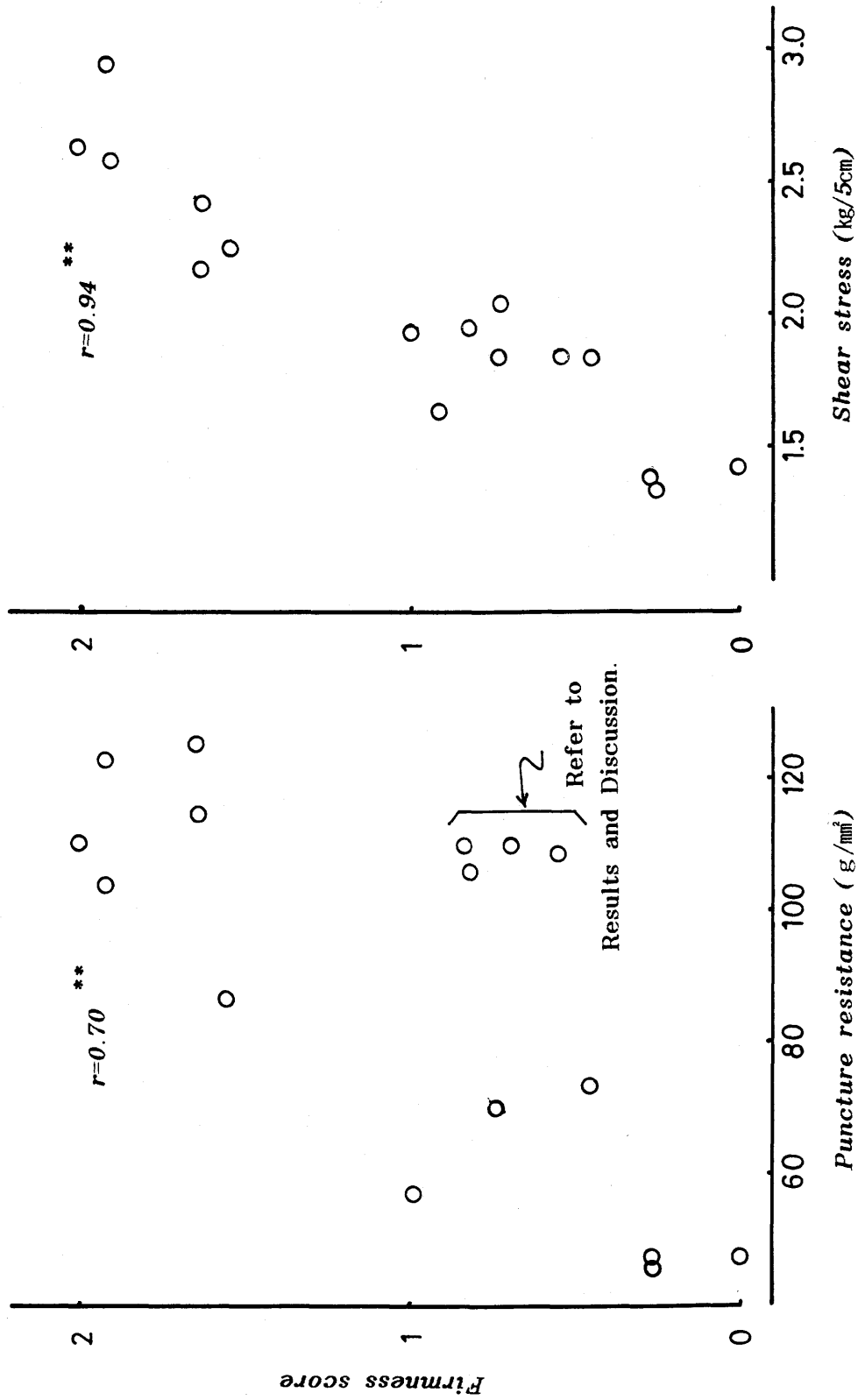


Fig. 1-5. Relationship of puncture resistance and shear stress of mexophyll with firmness of cabbage.

** Significant at the 1% level

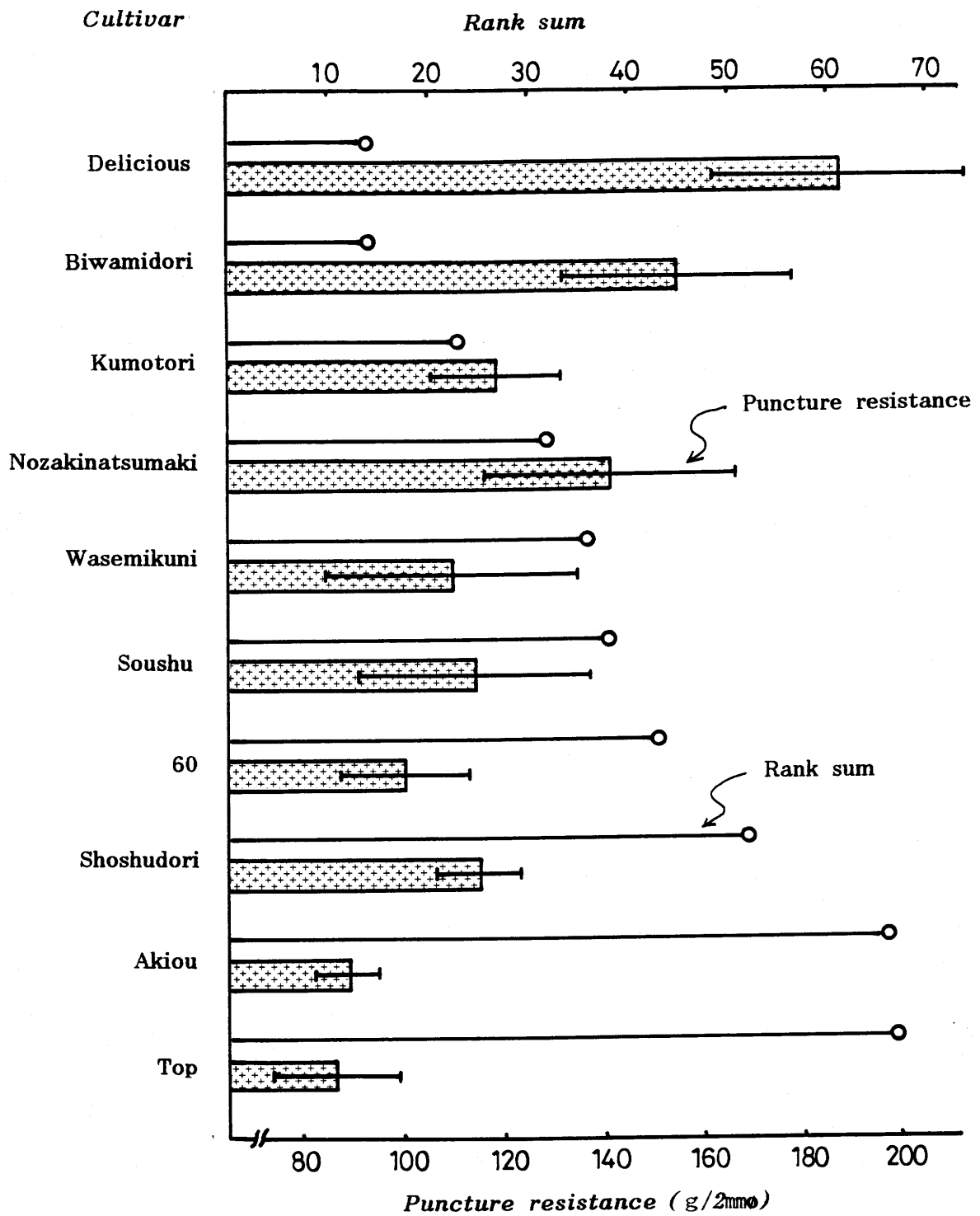


Fig. 1-6. Relationship between rank sum for firmness and puncture resistance of mesophyll.

— : SE

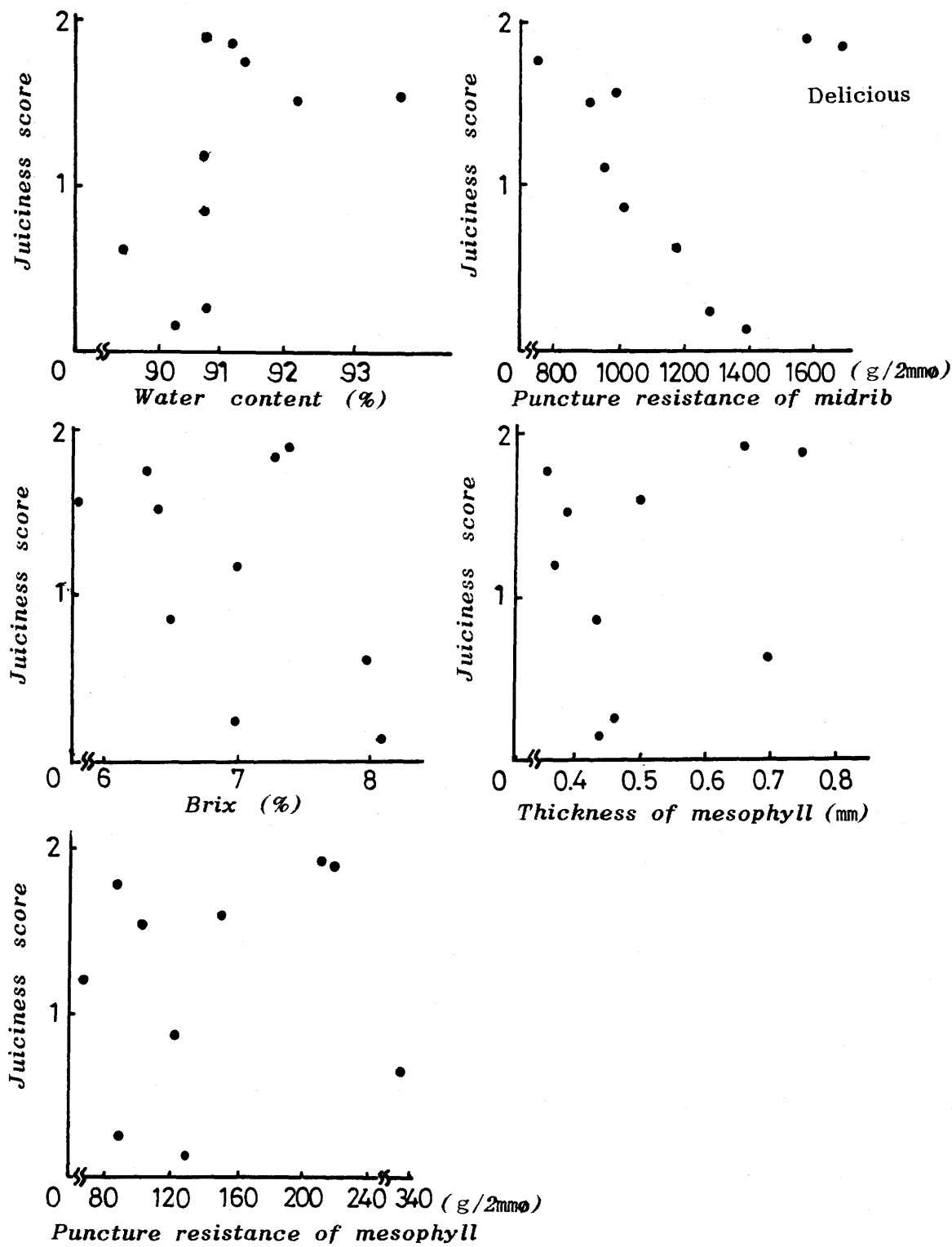


Fig. 1-7. Relationships between juiciness and some physical and morphological characteristics of cabbage.

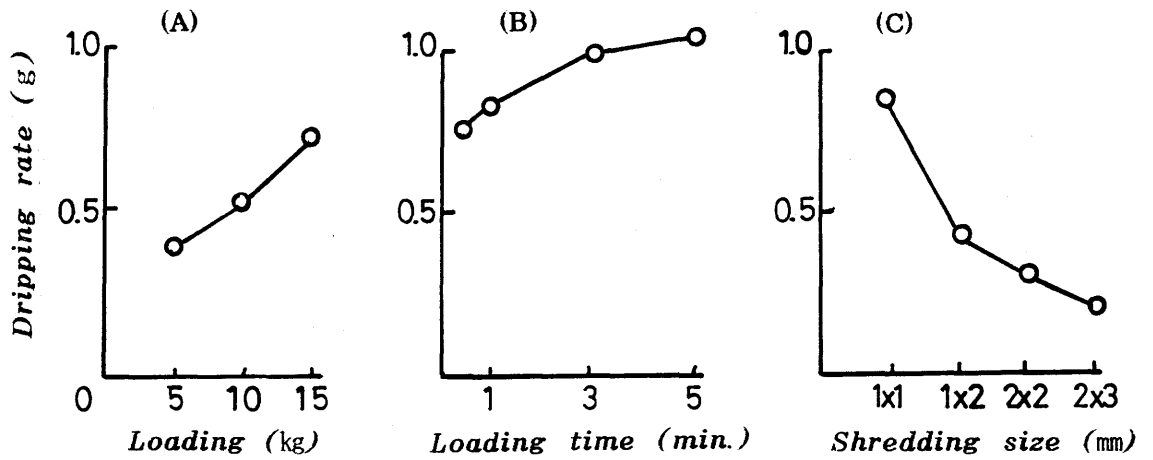


Fig. 1-8. Effects of loading weight (A), loading time (B) and shredding size (C) on dripping rate.

- (A): loading time 1min, shredding size 1x1mm.
- (B): loading weight 15kg, shredding size 1x1mm.
- (C): loading time 1min, loading weight 15kg.

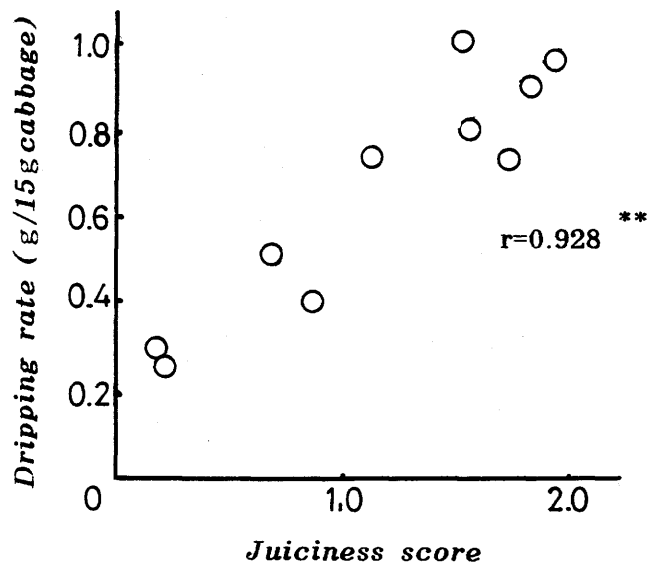


Fig. 1-9. Relationship between dripping rate and juiciness score.

Shredded cabbage (1x2mm) was used for measuring juiciness score.

** Significant at the 1% level

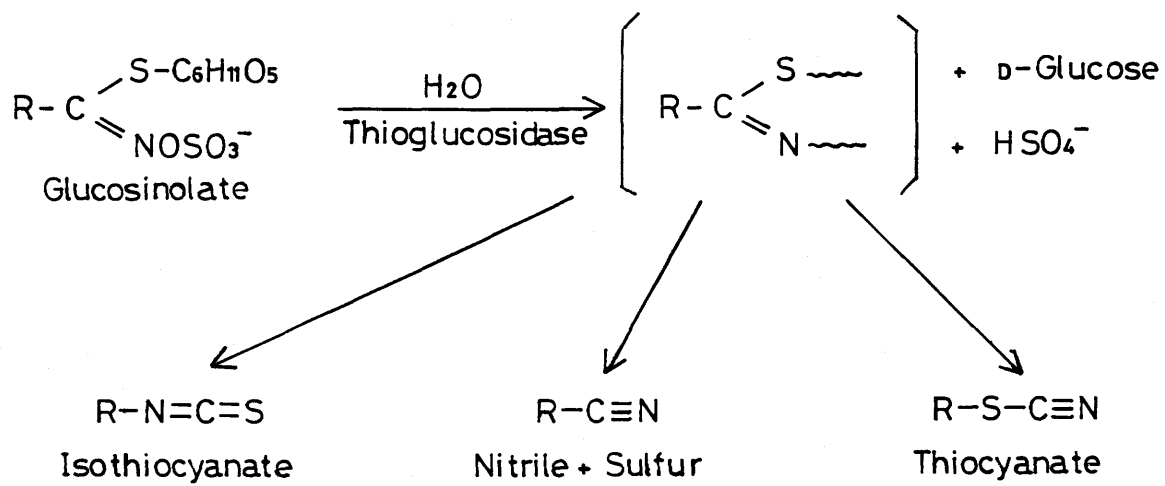


Fig. 1-10. Glucosinolates and their enzymatical hydrolyzates.

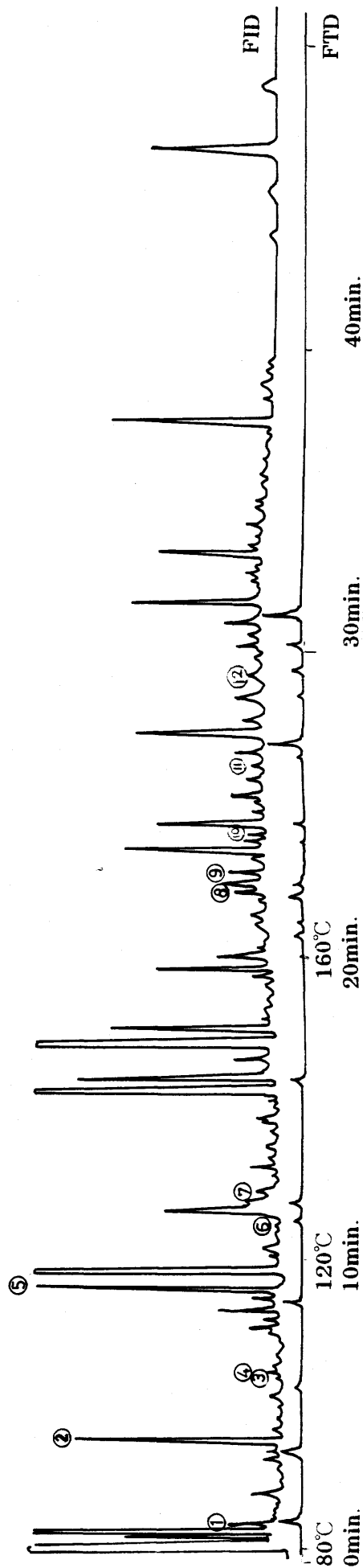


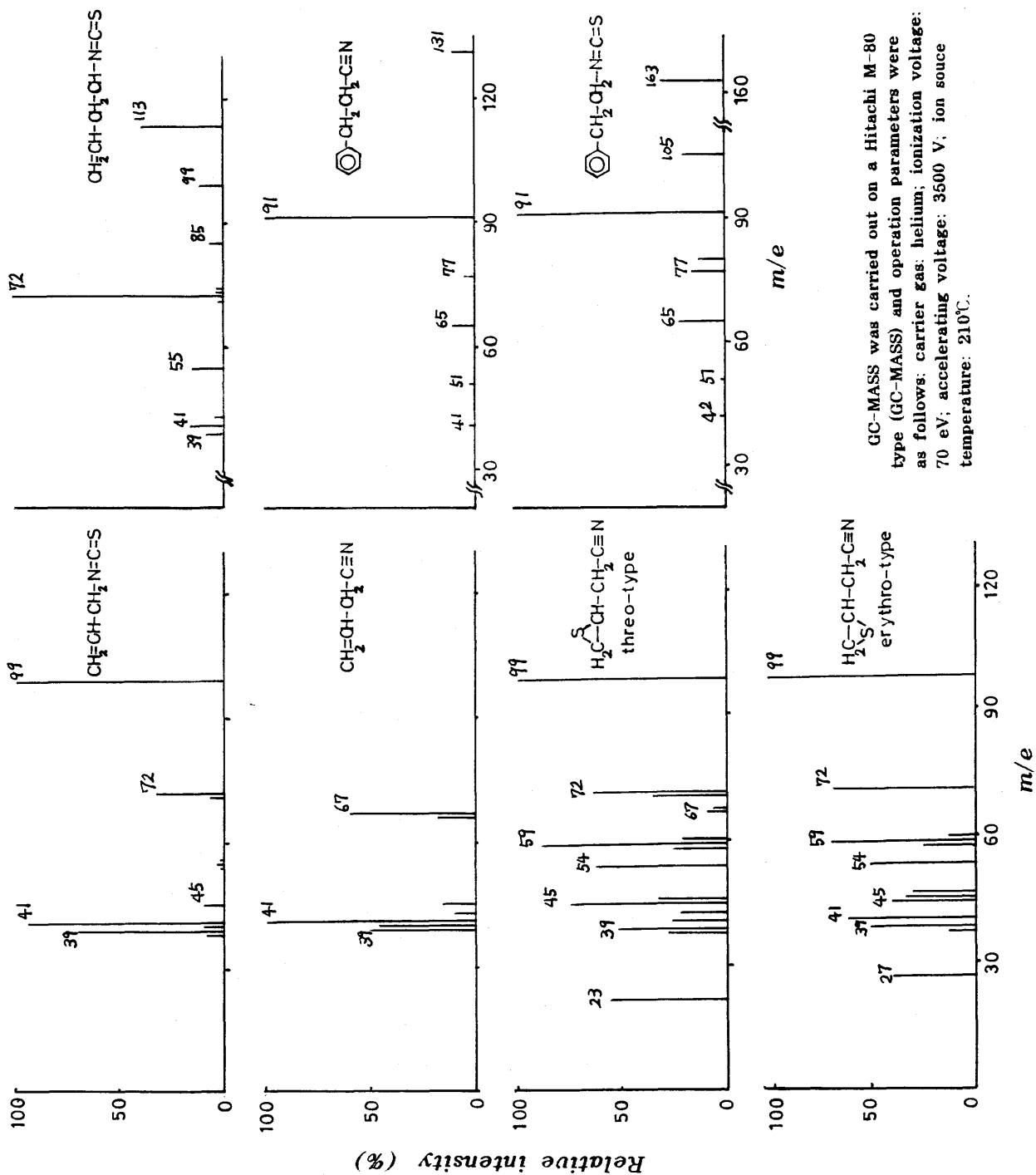
Fig. 1-11. Gas chromatograms of the steam volatile compounds from cabbage.

Unisole 400 (FS-Wcot) glass capillary column 25m x 0.25mm
column temp 65-195°C/min

1. Methyl isothiocyanate
2. Allyl cyanide
3. 2-Butenyl isothiocyanate
4. Butyl cyanide

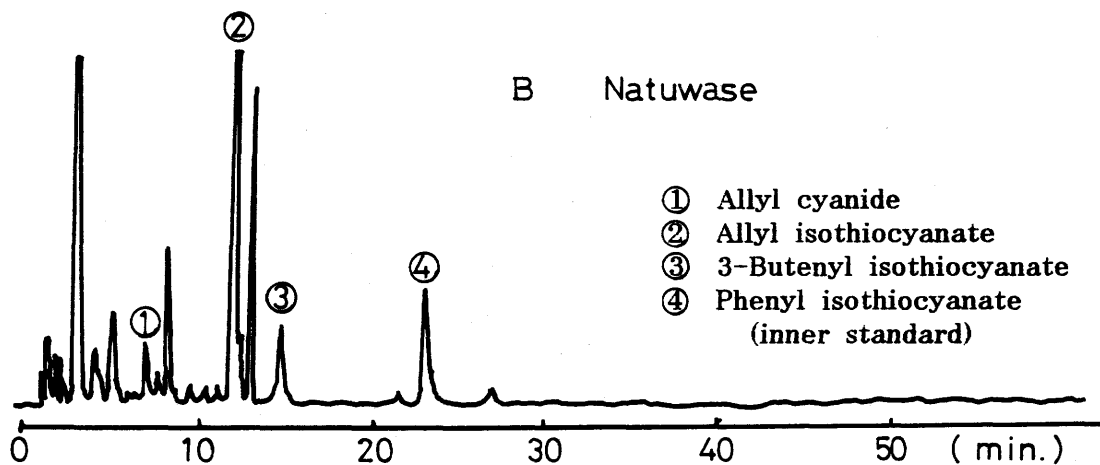
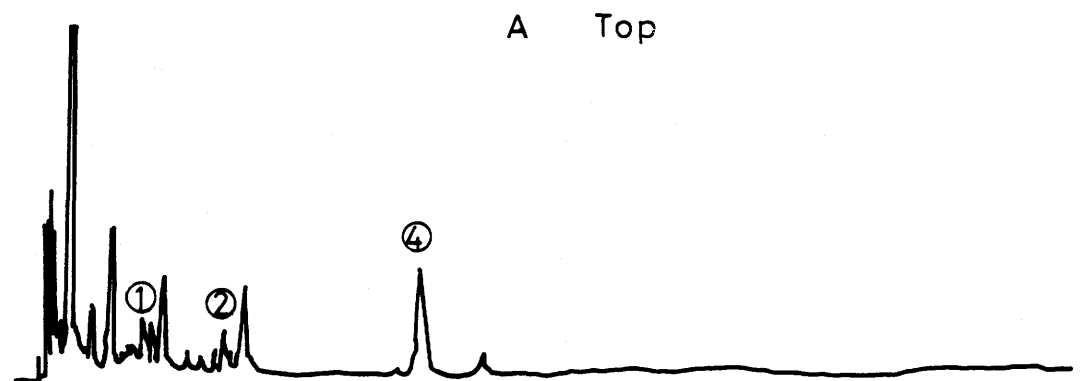
5. Allyl isothiocyanate
6. 3-Butenyl isothiocyanate
7. 4-Pentenyl isothiocyanate
8. 3-Methylthiopropyl isothiocyanate

9. 4-Methylthiobutyl isothiocyanate
10. Phenethyl isothiocyanate
11. 3-Methylsulfinylpropyl isothiocyanate
12. 4-Methylsulfinylbutyl isothiocyanate



GC-MASS was carried out on a Hitachi M-80 type (GC-MASS) and operation parameters were as follows: carrier gas: helium; ionization voltage: 70 eV; accelerating voltage: 3500 V; ion source temperature: 210°C.

Fig. 1-12. Mass spectra of main hydrolyzate from glucosinolates detected in cabbage homogenates.



Column: 5% PEG-HP on uniport HT 3mm×2m
 Temp.: 70°C→190°C 4°C/min.
 Detector: FID

Fig. 1-13. Gas chromatograms of head space gas from 2 cultivars
 (A: not pungent, B: pungent).

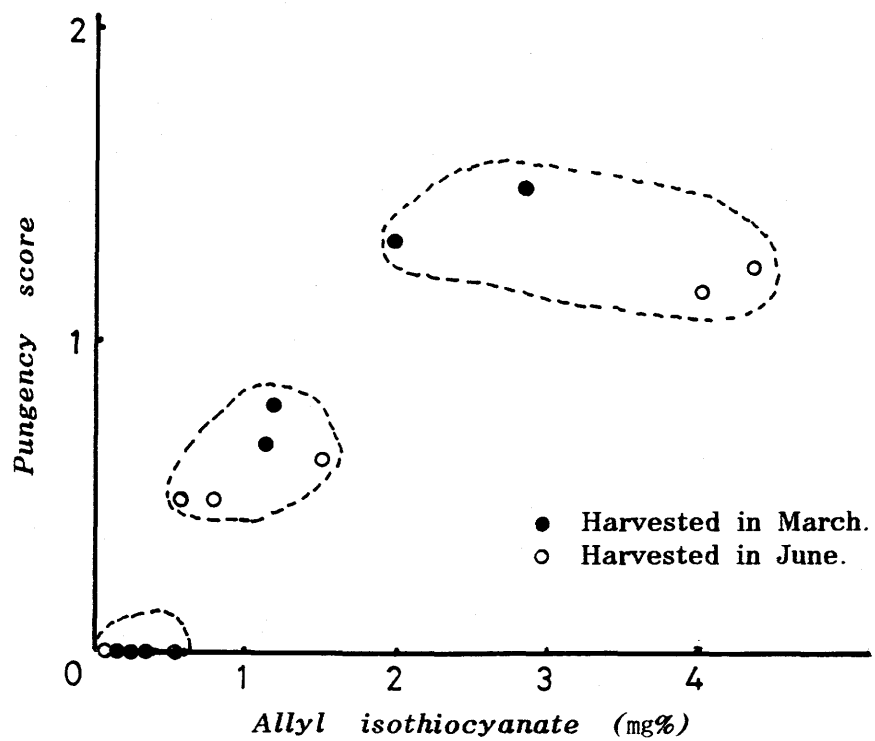


Fig. 1-14. Relationship between pungency and allyl isothiocyanate content.

Table 1-1. Sensory evaluation of cabbage firmness by 11 consumer panelists using a category scale ranging from 0 (soft) to 2(firm).

Category \ position	Cultivar Banchuriso				Cultivar Taikanogosho				Cultivar Kumamotoshiko2				Cultivar Natsuwase			
	1	2	4	5	1	2	4	5	1	2	4	5	1	2	4	5
Firm	10	7	0	1	11	7	1	1	10	6	1	0	2	0	0	0
Moderate	1	4	6	7	0	4	6	8	1	5	6	5	7	0	3	3
Soft	0	0	5	3	0	0	4	2	0	0	4	6	2	11	8	8
Firmness mean scores	1.91 ^e		0.55 ^{bc}		2.00 ^e		0.73 ^{cd}		1.91 ^e		0.73 ^d		1.00 ^d		0.27 ^{ab}	
	1.64 ^e		0.82 ^{cd}		1.64 ^e		0.91 ^d		1.55 ^e		0.45 ^{bc}		0.00 ^a		0.27 ^{ab}	

a-e: Means within a row were separated by Duncan's Multiple Range Test, P=0.01. Values with a common letter not significantly different (p>0.01).

Table 1-2. Rank test for cabbage firmness.

Panelist	Cultivar									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	1	2	5	7	4	3	8	6	10	9
2	1	2	5	6	4	3	8	7	9	10
3	2	1	3	4	7	5	6	8	9	10
4	2	4	1	3	7	5	6	8	9	10
5	6	1	3	2	4	7	5	8	10	9
6	1	2	3	4	5	7	6	8	10	9
7	1	2	3	6	5	8	4	7	9	10
Rank sum	14	14	23	32	36	38	43	52	66	67

A	Delicious	F	Soshu
B	Biwamidori	G	Rokumaru
C	Kumotori	H	Shoshudori
D	Nozaki natsumaki	I	Akio
E	Wasemikuni	J	Top

Table 1-3. Variations in pucture resistance and shear stress of mesophyll in a leaf.

	Leaf position	Puncture resistance			Shear stress		
		Mean	S.D.	CV%	Mean	S.D.	CV%
Random sampling	1	67.6	18.7	27.6	1.66	0.20	12.0
	2	60.3	21.7	36.0	1.32	0.16	12.1
	3	61.3	21.3	34.7	-	-	-
Central parts	1	68.3	10.7	15.7	1.72	0.15	8.6
	2	54.6	10.3	18.9	1.37	0.15	10.9
	3	55.7	7.7	13.8	-	-	-

z: No. of leaf from surface.

Table 1-4. Sensory evaluation of cabbage juiciness.

Cultivar	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Juicy	0	0	4	3	7	12	13	16	18	19
Slightly juicy	3	5	5	12	11	8	7	5	3	2
Not juicy	18	16	12	6	3	1	1	0	0	0
Juiciness mean scores ^z	0.14 ^a	0.24 ^a	0.62 ^b	0.86 ^{bc}	1.19 ^{cd}	1.52 ^d	1.57 ^{de}	1.76 ^e	1.86 ^e	1.90 ^e

A:Savoy king; B:Harunagi; C:Taikan ogosho; D:Hamakaze; E:High mart; F:Top; G:Kinshun; H:Hayadori; I:Delicious(I); J:Delicious(II)

z:Category 0(not juicy), 1(lightly juicy), 2(juicy)

a-e: Means within a row were separated by Duncan's Multiple Range Test, P=0.01. Values with a common letter not significantly different (p>0.01).

Table 1-5. Sensory evaluation of cabbage taste.

Category	Cultivar			
	Savoy ace	Ball head	Taikan ogosho	Delicious
Good	0	4	2	14
Moderate	6	11	8	7
Poor	18	9	14	3
Taste mean scores ^z	0.25 ^a	0.25 ^b	0.50 ^{ab}	1.46 ^c

z: Category of taste, 0(poor), 1(moderate), 2(good).

a-c: Means within a row were separated by Duncan's Multiple Range Test, P=0.01. Values with a common letter not significantly different (p>0.01).

Table 1-6. Sensory evaluation of cabbage pungency (I).^z

	1	2	3	4	5	6	7
Pungent ^y	0	0	0	1	1	6	6
Slightly pungent	0	0	10	8	10	12	12
Not pungent	20	20	10	11	9	2	2
Pungency mean scores	0 ^a	0 ^a	0.5 ^b	0.5 ^b	0.6 ^b	1.2 ^c	1.2 ^c

1: Kinkei 201
 2: Nanpu
 3: Akimaki chuwase
 4: Masago sankidori
 5: Orora 1
 6: Fuyudori miyako
 7: Shikidori

z: Cabbages were harvested in June.

y: Category, 0(not pungent) 2(pungent).

a-c: Means within a row were separated by Duncan's Multiple Range Test, P=0.01. Values with a common letter not significantly different (p>0.01).

Table 1-7. Sensory evaluation of cabbage pungency (II).^z

	1	2	3	4	5	6	7	8
Pungent	0	0	0	0	0	10	0	15
Slightly pungent	0	0	0	0	13	6	16	4
Not pungent	20	20	20	20	7	4	4	1
Pungency mean scores ^y	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0.7 ^b	1.3 ^c	0.8 ^b	1.7 ^c

1: Harunagi, exterior of head 5: Kogetsu, exterior
 2: Harunagi, interior 6: Kogetsu, interior
 3: Kinshun, exterior 7: Taikanogosho, exterior
 4: Kinshun, interior 8: Taikanogosho, interior

z: Cabbages were harvested in March.

y: Category, 0 (not pungent) 2 (pungent).

a-c: Means within a row were separated by Duncan's Multiple Range Test,

P=0.01. Values with a common letter not significantly different (p>0.01).

第2章 品質変動要因の解明

我が国で生産され、流通しているキャベツの品質変動幅は著しく大きい。この変動は、前章で明らかにしたように、普通の消費者にも十分に識別できる大きさである。しかし、この品質変動幅が具体的な計測値で示された例は、高橋（1970）の研究のみである。

一般には品質変動は品種の違いから生じると考えられているが、他の要因の影響も無視できない。本章では品質に影響する要因を、①栽培上の可変要因、②制御困難な気象要因、③品種、系統による遺伝的要因に分け、それぞれ第1節～第3節で品質に対する影響の大きさを調べることにした。

これらの結果に基づき、我が国で栽培されているキャベツの品質の変動がどの程度あるか、そしてその原因となっている重要な要因は何であるかを推測しようとした。

第1節 栽培条件が品質に及ぼす影響

I 目 的

施設栽培の果菜類が品質向上のための技術改善の自由度がかなり大きいのに比較すると、キャベツなどの露地野菜ではその自由度が小さいこともあって、品質と栽培条件の関係を詳細に検討した研究は、最近の石井ら（1986、1987）のダイコンについての研究程度で多くない。

キャベツでは単発的な研究（高橋、1970）はあるものの、系統だてて行った研究はない。そこで栽培時期（作型）、収穫時期（生育ステージ）、施肥条件、栽植密度、土壌の種類、の5条件を選び、品質変動の大きさを明らかにしようとした。品質項目については全糖含量、貫入抵抗、遊離アミノ酸含量を調査対象に選んだ。

II 材料及び方法

1. 栽培条件の設定

キャベツの栽培は主として初夏採り（3月播種、5～6月収穫）か秋冬採り（7月播種、10～12月収穫）とし野菜試験場圃場で行った。施肥は窒素、りん酸、カリ各々を成分として2kg/aとし（窒素及びカリはその1/4を結球開始期に追肥として施用）、栽植密度は4.0株/m²で2条植え、球の形状と固さが品種固有の状態になった時収穫し、直ちに品質

調査に使用した。品種は主に‘秋蒔中早生’を使用した。他の品種を使用している場合は図中にその旨記した。

2. 試験区の設定

1) 栽培時期（作型）比較

調査は①春採り（11月または2月播種で5月収穫）、②初夏採り（3月播種、6月収穫）③秋採り（7月播種、10月収穫）、④初冬採り（7月播種、11月～12月収穫）の4作型について行った。

2) 収穫時期（生育ステージ）比較

収穫期の早晩を3段階に設定し、①早採り（700～900g、収穫適期より約10日前に収穫）、②適期収穫（‘秋蒔中早生’の場合、概ね1200g前後）、遅採り（収穫適期より約1週間後に収穫）とした。

3) 施肥条件比較

上述した①標準施肥を対照とし、そのほかに②窒素多施用（標準施肥の3倍施用）、③りん酸多施用（5倍施用）、④カリ多施用（5倍施用）、⑤有機質肥料（油カス、鶏ふんを窒素換算で2.5kg/a相当量施用）の5区を設定した。

4) 栽植密度比較

①4株/m²を標準に、密植として②4.9株/m²及び③6.6株/m²、疎植の④3.3株/m²を設けた。

5) 土壌の種類比較

野菜・茶業試験場内に設けた①黒ぼく土、②黄色土、③沖積土の3土壌で比較した。

3. 調査方法

1) 材料の処理

各試験区から形状、大きさの平均的なキャベツ5～10個体を選び球重を測定した。全糖含量、遊離アミノ酸含量の測定にはこの個体を縦方向に8等分し、対角に位置する1対を1～2mmに細断、混合（芯部は除去）して抽出材料とした。貫入抵抗では表面から3枚目を切り取って測定に使用した。

2) 糖含量の測定

抽出材料から80%エタノールを用いるソックスレー法によって糖の抽出を行った。糖の定量はエタノールを減圧除去した後、ガスクロ法（長谷、1982）、又はテクニコンオート

アナライザーによる比色法（グルコースオキシダーゼ法でグルコースを、赤血塩法でグルコース+フラクトースを、酸加水分解液についての赤血塩法でグルコース+フラクトース+シュークロースを測定し差引き計算によって各々の糖の含量を算出）で測定した。

なお、糖の測定法の詳細は次のとおりである。ガスクロ法：抽出した糖の試料をイオン交換樹脂（アンバーライトCG-120、アンバーライトCG-4B）による精製後、凍結乾燥し、乾燥ピリジンに溶解した。これにヘキサメチルジシラザン、トリメチルクロルシランを加え、トリメチルシリル（TMS）化した。糖類のTMS誘導体はカラムOV17.5%（担体：Gaschrom Q）、昇温法（160～230℃）、FID検出器、窒素ガス流量20ml/分で分析した。グルコースオキシダーゼ法：糖の試料液をオートアナライザーの反応コイル中でグルコースオキシダーゼを用いて酸化し、ここで生成した過酸化水素を、4-アミノアンチピリンとフェノールとの間を定量的に酸化縮合させることによって定量した。赤血塩法：糖液を赤血塩（フェリシアン化カリ）とともにオートアナライザーの反応コイル中で90℃に加熱し、還元糖によって黄血塩（フェロシアン化カリ）に還元されて減少した赤血塩量を420nmで測定した。

3) 貫入抵抗

引張り圧縮試験機を用いる方法（第1章第1節）によった。

4) 遊離アミノ酸含量の測定

抽出材料を-70℃に凍結貯蔵し、分析時に凍結乾燥及び粉碎した。遊離アミノ酸は70%熱エタノールで抽出後、減圧下でエタノールの除去、ジクロロメタンによる脱脂、ミリポアフィルターによる濾過などの方法で精製し、日立835型アミノ酸分析計で測定した。

III 結果及び考察

1. 栽培時期（作型）比較

キャベツは季節によって産地を移動したり、栽培品種を変えることによって周年供給が行われている（芦沢、1982）が、品質面での季節変化が著しいことが主として糖含量の面から報告されている（高橋、1970）。しかし、この品質の変化を栽培時期によるものと季節によって栽培される品種が異なることによるものとの区別はなされていない。

ここでは、年間を通しての栽培が可能である‘秋蒔中早生’を用いることによって、純粋に栽培時期のみが品質に及ぼす影響を調べた。その結果を、全糖含量、シュークロース含量、貫入抵抗、遊離アミノ酸含量について12月を対照としてその比率で示した（Fig.

2-1)。

全糖についてみると、対照の12月採りに比較し、5、6、10月採りでは著しく糖含量が低かった。この傾向はシュークロースに限ってみると更に顕著で、5、6、10月採りのキャベツでは12月採りの1/10程度であった。低温期に収穫されるキャベツの糖含量（とりわけシュークロース）が多い傾向は高橋(1970)も認めている。したがって、冬採りキャベツの糖含量が多い傾向は冬採りされることの多い寒玉系（芦沢、1982）の品種の特徴ではなくて、低温の影響によるものであることが明らかとなった。

貫入抵抗については、季節間差はかなり大きいもののどの時期がどの方向に動くかの傾向までは把握できなかった。

遊離アミノ酸含量については、全測定結果（矢野ら、1983）の中から20mg/100g生体重以上のアミノ酸について示した。図中に示した6種類のアミノ酸のうちアスパラギンとグルタミン酸を例外として、他のアミノ酸では5、6、10月収穫では12月採りと比較して著しく少ない傾向が認められた。逆にいえば、12月採りのような低温期収穫では、プロリンとγ-アミノ酪酸を最も極端な例として、一般に遊離アミノ酸を蓄積する傾向が認められた。

品質を糖、貫入抵抗、遊離アミノ酸だけで代表させることには無理があるかもしれないが、この3要因から推測する限り、春・夏・秋採りの品質には季節間差はほとんどないが、冬採りについては他の季節とは著しく異なっていることが明らかとなった。

2. 収穫時期（生育ステージ）比較

野菜の収穫時期は、果実と比較すると許容範囲が長く、一般には品種特有の形状と大きさとなった時期を目途に収穫されている。しかし、それよりかなり早くても、遅くても可食状態である。その間の品質変化については意外に研究は少ない（矢野、1983）。そこで、この節では早採り、遅採りの品質に及ぼす影響を調べた（Fig. 2-2）。結果の表示方法は1. に準じており、対照は適期収穫とした。

球重は早採りでは720g（初夏採り）、1040g（秋冬採り）、遅採りでは1710g（初夏採り）、1500g（秋冬採り）で早採りでは球内にかなりの空隙があり遅採りは裂球寸前であった。

全糖は初夏採りでは収穫時期による変化はほとんど認められず、一方秋冬採りでは遅採りのほうがかなり多かった（特にシュークロース）。貫入抵抗の変化は少なかった。

遊離アミノ酸はアスパラギン酸、グルタミン酸には収穫時期による差は少なかったものの、グルタミン、アラニン、アルギニンは早採りキャベツで著しく高含量であった。

3. 施肥条件比較

施肥条件の影響は最も調査しやすい要因であり、露地野菜でも比較的多くの研究が行われている（野菜試験場，1984）。ここでは三要素の多投と有機物施用の影響を調べた。結果は標準施肥を対照とし、1、2と同様に表示した（Fig. 2-3）。

全糖含量は球重と正反対で有機質肥料>標準、P多、K多>N多であった。

貫入抵抗は有機質肥料で栽培したキャベツが高くなるなど、施肥条件による変化がかなり認められた。施肥条件による遊離アミノ酸含量への影響はアミノ酸の種類によってかなり異なり、一定の傾向は見出せなかった。しかし、施肥条件によって各アミノ酸含量の変化はかなり認められ、有機質肥料でアスパラギン、グルタミン、アラニンが減少、リン酸多施用でグルタミン、アルギニンが著しく増加するなどは施肥条件が変化すると遊離アミノ酸含量、組成が微妙に変化する可能性をうかがわせた。

4. 栽植密度比較

適当な大きさのキャベツを得るためには栽植密度はおのずから決ってくるので、極端な密植、疎植は意味がない。しかし、栽植密度と品質の関係のデータは報告されていないので、4.0株/m²を標準に、それより密植と疎植でキャベツを作り、品質を調べた（Fig. 2-4）。当然のことながら、疎植ほど球は大きくなり、密植では小さくなった。しかし、球の大きさに著しい差があるにもかかわらず、品質面での差は、一部を除くと生じなかった。例外的に品質に影響があったのは密植したキャベツで著しく増加したグルタミンであった。

5. 土壌の種類比較

土壌の種類と品質については、根菜類や果菜類についての研究があるが、キャベツのような葉菜についての報告はない。ここでは、黒ボク土を対照に、黄色土、沖積土との比較を行った（Fig. 2-5）。全糖、遊離アミノ酸については、ほとんど差は認められなかったが、貫入抵抗については沖積土、黄色土でやや高くなる傾向であった。

6. まとめ

以上の結果を基に、栽培条件が品質に与える影響の範囲と大きさを次のとおり総括した。

①栽培時期 — 冬採りでは他の季節とは著しく異なったキャベツとなっている。

春・夏・秋採りの品質差は少ない。

②収穫時期 — 早採りするほど全糖が少なく、遊離アミノ酸が多い。

③施肥条件 — 種々の品質項目要因への影響はあるが、品質の著しい変化はない。

④栽植密度 — 球の大きさへの著しい影響に比べると品質成分への影響は、一部の例外（グルタミン）を除くとほとんどない。

⑤土壌の種類 — 品質への影響はあるものの、比較的小幅である。

勿論、3種類の品質成分のみで、全体を代表させるには若干の無理はあるが、全体的な傾向は把握できていると思われる。

IV 摘 要

栽培時期、収穫時期、施肥条件、栽植密度、土壌の種類が品質（全糖、貫入抵抗、遊離アミノ酸）へ及ぼす影響について検討し、次の結果を得た。

1) 12月採りキャベツは5、6、10月採りに比較し、全糖、シュクロース、グルタミン酸、プロリン及びγ-アミノ酪酸などが著しく多かった。

2) 早採りではグルタミン、アラニン、アルギニン等の遊離アミノ酸が多く、遅採りするとこれらが減少し、全糖が増加した。

3) 施肥条件によって、糖含量、遊離アミノ酸含量に差を生じたが、栽培時期の差ほど大きくはなかった。

4) 密植キャベツでグルタミンが、著しく増加したが、球重を除く他の要因への影響は少なかった。

5) 土壌の影響は貫入抵抗のみにわずかに認められ、黄色土、沖積土で黒ボク土より大きくなった。

第2節 気象要因が品質に及ぼす影響

I 目 的

12月採りキャベツの品質が、他の季節のキャベツと著しく異なることから分かるように、

気温、日照など気象要因が品質に及ぼす影響はかなり大きいものと想像される。しかし、この気象要因が品質に及ぼす影響を解析するのは難しく研究例も少ない。栽培条件と品質に関するシンポジウム（園芸学会、1987、野菜試験場、1984）でも気象要因の影響についての報告は見当たらない。気象要因と品質関連の研究が困難なのは、気象要因を人為的にコントロールするのに限られた手法しかないためと考えられる。

そこで、本節では自然の気象変動をそのまま利用して品質への影響を調べる方法について検討した。キャベツを7月中旬に播種すると、通常早生種で10月中旬、晩生種で12月上旬に収穫期となる。この時期は秋から冬へ移り変わる時期であるが、気温の低下、日照量の減少や晴雨の繰返しが必ずしも規則的であるわけではなく、1週間や10日のレベルでみると気温が逆転したり、晴または雨が集中したりすることは珍しいことではない。そこで早生～晩生の品種多数を栽培し、10～12月の間に連続的に収穫したキャベツの品質の変動をその間の気象の特徴（気温の逆転や晴雨の集中など）と照合することにより、気象条件が品質に及ぼす影響を解析した。

II 材料及び方法

1. 材料

早生から晩生の品種170品種（付表－1）を1982年7月中旬に播種し、10月中旬から12月上旬の約50日間にわたって収穫した。栽培条件、収穫時期、サンプル処理法は前節に準じた。

2. 気象観測データ

野菜・茶業試験場内での気象観測データ表から収穫日前1週間の平均気温、積算日照量、積算降水量及び5mm以上の降水量があった日から収穫日までの経過日数を算出した。また、調査期間中の日最低気温も利用した。

3. 品質調査

全糖、シュクロース、プロリン、貫入抵抗はいずれも前節と同様の方法で、またアスコルビン酸はヒドラジン法（辻村、1982）によって測定した。

4. 実験結果の統計処理

全糖（同一収穫日の4～15品種の平均値）を従属変数、収穫日までの日数と収穫前の気象条件（平均気温、積算日照量、積算降雨量）及び5mm以上の降雨からの経過日数を独立変数にして重回帰分析（農林統計プログラムB206鈴木茂氏作成による）を行った。

Ⅲ 結果及び考察

1. 収穫期の気象の概要

供試キャベツの収穫期間（播種後85日～135日）の気象の概要をFig. 2-6に示した。この間の気温、日照量、降雨は、前もって予想したとおり、規則的には推移せず、目的の項で述べたような気温の逆転、降雨、日照に片寄りを生じた。その内容は3時期に大別できる。すなわち、①降雨があり、日照量がわずかに減少した90～92日、②連続した晴天による高日照と平均気温の著しい低下がみられた93～106日、③連続した降雨、寡日照と気温の再上昇がみられた107～116日である。この3時期はその前後とは著しく気象条件が変化しており、気象がキャベツ品質へ及ぼす影響を解析するための格好の材料になると考えられた。

2. 全糖含量と気象要因の関係

50日間にわたって収穫した170品種の全糖含量の平均値を収穫日別に示した(Fig. 2-7のA)。全糖含量は収穫日によって高低があるものの、概して晩生種が収穫される後半ほど高かった。すなわち、栽培期間が長いものほど、そして収穫期の気温が低いほど全糖含量は高くなると判断された。

次に、1. で述べた気温の逆転・晴雨の片寄りがみられた「3時期」(Fig. 2-6の図中に示した)との関係をみると、かなりの気象の影響がうかがわれた。降雨と日照量のわずかな減少のあった①の時期には全糖のわずかな減少がみられたただけだったが、多日照、低温、無降雨の②の時期は明らかな全糖の増加がみられ、寡日照、高温、降雨の③の時期では、逆に極端な減少が観察された。この結果を総合すると、日照量の増加と気温の低下は、全糖を増やす方向に、日照量の減少、気温上昇は全糖を減少させる方向にそれぞれ作用すると考えられた。最近、石井ら(1987)は類似の手法で、収穫前の日照、降雨、気温がダイコンの全糖に影響することを報告している。天候が野菜の品質を左右するであろうことは容易に想像できる。しかし、従来それを裏付けるデータに乏しかった。今回得られた結果は、石井らの結果とともに収穫前の日照量、降雨、気温が全糖含量を支配することを

明確に示した。

以上のように、キャベツの全糖含量は収穫前の気象条件に影響されることが明らかになった。そこで、気象条件が分かれば、全糖含量の推定が可能ではないかと考え、気象要因を独立変数、全糖含量を従属変数として重回帰分析を行った。なお、上述したように収穫期が遅い品種が糖含量が高いというのも厳然たる事実なので播種から収穫日までの日数も独立変数の一つとして加えた。

重回帰分析の回帰分散分析表をTable 2-1に示した。分散分析結果は1%レベルで有意であり、重回帰係数は0.96であった。回帰式は

$$y \text{ (全糖含量)} = 0.665 + 0.0333x_1 - 0.0946x_2 + 0.00028x_3 + 0.0088x_4 + 0.0046x_5 \dots \dots (1)$$

(x_1 は収穫までの日数、 x_2 は収穫1週間前の平均気温、 x_3 は積算日照量、 x_4 は雨量、 x_5 は5mm以上の降雨があった日からの経過日数)であった。この式を用いて推定した全糖含量と実測値の関係をFig. 2-8に示した。実測値と推定値の間に0.3g/100g生重以上の差があるのは播種後86、108、135日の3回だけで、全体的によく一致した。

収穫前の気象条件から全糖含量を推定できる、実用的な手法を開発するには独立変数として使用できる適切な気象要因を検索し、精度の高い回帰式を作ることが必要である。本研究の目的からは外れるので、そこまでの検討は行っていないが、ここで得られた結果はそのような実用的な手法の開発が可能であることを示している。

3. アスコルビン酸、貫入抵抗と気象要因の関係

全糖以外にも気象要因による影響を受けるものがあるかどうかを知るため、アスコルビン酸含量と貫入抵抗(葉肉と中ろく)と収穫時期との関係を調べた。(Fig. 2-7のB、C、D)。アスコルビン酸の場合、測定した品種数は少ないので、全糖ほどでは明確ではないものの、降雨があつて日照が減少し、気温が上昇した上記③の時期には明らかな減少が観察された。

一方、貫入抵抗の場合は、①、②、③の3時期とも気象変動の影響ははっきりしなかった。アスコルビン酸は光合成と関係することがよく知られている(篠原、1987)。したがって、糖などのように光合成との関連の深い要因は気象変動に敏感に反応するものの、他の要因(例えば物性)は影響を受けにくいと考えられた。

4. シュークローズとプロリン含量と低温の関係

前節で明らかになったように、12月採りでは他の時期に比較するとシュークローズとプロリンなど一部の遊離アミノ酸が異常に蓄積する。この蓄積はジャガイモ (Isherwood, 1976)、クリ (菅原ら、1987) などと同様な低温に対する反応と思われたので、2の全糖と同様の実験系で、特に日最低気温との関係を調べた (Fig. 2-9)。日最低気温の推移は、1. で述べた日照量などと同様、著しい変動があり、急激に低下した時期、ゆり戻しで上昇した時期、再度本格的に低下した時期に明確に区分できた。シュークローズ含量はこの日最低気温と極めてよく連動することが認められた。すなわち、1回目の最低気温の低下と共に増加し、最低気温が上昇すると何日かのLagをおいてやや減少し、本格的な低温が始まると再度上昇した。この連動はシュークローズが最低気温に敏感に反応して、含有量の変化が起こることを示している。Fig. 2-9からみると蓄積するかどうかの境界はほぼ10℃とみられる。シュークローズ含量の標準偏差が著しく大きいので、品種によってその境界温度は若干異なるのかもしれない。

一方、プロリンについては測定した品種が少なかったので、温度との関係はやや不明瞭ではあるが、最初の低温での増加 (115日) とその後の気温上昇による減少 (122日)、2度目の低温による再上昇 (128日、135日) が観察され、低温に対してシュークローズとほぼ同様に反応していると推察された。

IV 摘 要

気象条件がキャベツの品質に及ぼす影響を解析するため、早生～晩生の170品種のキャベツを夏まき秋冬採りで栽培し、収穫前の気象条件とキャベツの品質の関係を検討し、次の結果を得た。

- 1) 収穫期間における日照量、平均気温、最低気温の低下は一様ではなく、前後と比較しての逆転が3度観察された。①日照が急に減少した時期、②高日照と平均気温の急降下した時期③寡日照と平均気温が再上昇し降雨の集中した時期である。
- 2) ①の時期に収穫した品種はその前後に収穫した品種に比較して糖含量が減少し、②の時期に収穫したキャベツは全糖含量が高くなり、③の時期に収穫したキャベツは逆に全糖含量は減少した。
- 3) アスコルビン酸含量は全糖と同様の傾向を認めたが、貫入抵抗には気象の影響は認められなかった

4) シュークローズ、プロリン含量の変化は最低気温の推移と関連が深く、最低気温が10℃を割った直後に含量が増加し始め10℃を越えた時期には低下、再度10℃を割り始めた時期に再上昇した。

5) 全糖含量(同一収穫日の4~15品種の平均値)を従属変数、収穫日までの日数と収穫前の気象条件(平均気温、積算日照量、雨量)及び5mm以上の降雨後の日数を独立変数にして重回帰分析を行った。回帰式は y (全糖含量) $=0.665+0.033X_1-0.0946X_2+0.00028X_3+0.0088X_4+0.0046X_5$ (X_1 は収穫1週間前の平均気温、 X_3 は積算日照量、 X_4 は雨量、 X_5 は5mm以上の降雨後の日数)であった。この回帰式から算出した全糖含量と実測値は極めてよく一致した。

第3節 品種・系統別品質特性の解明

I 目的

キャベツなどの葉根菜類では、品質関連形質の変動に関与する要因としては、品種が最も一般的で変動の幅も大きい(矢野ら1981a, b, c, 1983, 1984)。第1節の栽培要因、第2節の気象要因に続いて、本節では品種を変えるとどのような品質の変動が、質・量の両面で期待できるかを知ろうとした。

キャベツには400を越える品種があり、更に毎年新しい品種の発表が続いている。したがって、全部の品種について調べるのは事実上困難であり限られた品種で全体像を知る必要にせまられる。そこで、ここでは計測が比較的簡単な項目については、入手可能であった全品種(秋冬採り、170品種、初夏採り、99品種)で、計測が簡単でない項目については品種群等(日本種苗協会、1980)を考慮して厳選した79品種で、全体的な変動幅を調べた。

キャベツは事実上100%F₁品種となっており、品種間の遺伝的なつながりを把握することは困難である(芦沢、1976)。しかし、芦沢の作成した資料(1982)や日本種苗協会編の野菜品種名鑑(1980)を利用すれば個々の品種の大まかな遺伝的背景(品種群別の分類)は知ることができる。そこで、各品種群の中から、形状等を参考に典型的な品種を探し出し、それらの品質特性を用いて、その品種群の品質的な特徴として表示することを試みた。

II 材料及び方法

1. 供試材料

付表1に示した170品種を1982年7月中旬播種、8月中旬定植で、付表2に示した99品種を1983年2月中旬播種で栽培した。いずれも各品種の収穫適期に収穫し、供試材料とした。

また、この2回の栽培試験のうちから、品種群や品質的な特徴を考慮して選び出した79品種(矢野ら、1986b)について、1984~1985年に再度栽培し更に詳細な調査を行った。品種群別の特徴を明らかにするために使用した品種はその群としての典型的な外観を有するもので、その品種名及び選定理由は次のとおりである。

- ①コペンハーゲンマーケット：‘グリーンボール’、‘アーリーボール’、‘オーロラ1号’、丸玉キャベツで外観からほか系統とは明らかに区別できる。
- ②秋蒔極早生：‘金糸201号’、‘春光7号’、‘秋蒔中早生2号’、‘緑新中早生’、前2者はこの品種群の典型的な品種とされている。後2者は中早生で葉肉が厚い点で前者と異なるものの、球、葉、中ろくの形状が前者に酷似している。
- ③サワー型：‘金春’、‘緑春’、‘湖水’、‘はるなぎ’、形状が品種育成母本の秋蒔極早生系（前2者）、サボイ系（後2者）に酷似している。
- ④サボイ：ケルン、サボイキング、葉がちりめん状である。
- ⑤寒玉：‘大御所’、‘やよい’、‘晩抽理想’、‘耐寒大御所’、葉質が硬く、巻き方も固い。

なお、いずれの品種も野菜品種名鑑にその品種群として記載されている。サクセッションについては品種数が著しく多く、また形質の変動幅が著しく広いので品種群としての傾向を探るのは断念した。

2. 調査項目

調査項目及び調査法（既出のものは記載箇所）は次のとおりである。

- ①テクスチャー関連：貫入抵抗（第1章第1節）、圧搾汁液量（第1章第2節）、②食味関連：全糖（第2章第1節）、アリルイソチオシアネート（第1章第3節）、遊離アミノ酸（第2章第2節）、③外観関連（第5章参照）：クロロフィルはMackinny法（水落、1975）、中ろくの大きさ（表面から3枚目の中ろくを切り出して重量を測定）、葉肉の厚さ（同じく3枚目についてダイヤルカリパーで測定）。

III 結果及び考察

1. 食味に関連する成分の品種間差

食味に関連する因子として全糖、アリルイソチオシアネート (AITC)、遊離アミノ酸含量の品種間の変動幅を調べた。全糖についての結果をFig. 2-10 (秋冬採り)、Fig. 2-11 (初夏採り) にヒストグラムで示した。ほぼ単頂型の分布で3.3~4g/100g生体重 (秋冬採り)、3.0~3.9g (初夏採り) の品種が多く、最も少ない品種で2.5g前後、多い場合では5gを越える例も見られた。最も多い品種は少ない品種の約2倍の含量であった。

第2章第2節でも述べたように、このような全糖含量の品種間差に、最も大きく影響しているのは結球に至るまでの生育期間の長短であろう。Fig. 2-10、-11の図中に代表的品種の全糖含量分布での位置付けを各品種群ごとの記号で示した。播種後80~90日で収穫に至る品種の多い秋蒔極早生、コペンハーゲンマーケット系では概して低含量であるのに対し、生育日数が120日を越える寒玉系はいずれも高い全糖含量を示したことは上の推察を裏付けている。

全糖と比較すると、AITC含量の分布は著しく異なるヒストグラムとなった (Fig. 2-12)。最も低含量の0~0.09mg/100g生体重 (正確に言えば測定限界0.05mg/100g生体重の下限値) の範囲に入る品種が多く、含量が多くなるほど品種数は少なくなつて、2mg/100g生体重を越えたのはわずか3品種であった。

品種群との関係では2、3興味深い知見が得られた。秋蒔極早生が最も特徴があり、すべて最も含量の少ないグループに属していた。他のグループはすべて0.1mg/100g生体重より多かつた。このうち、サワー型はその育成経過 (芦沢、1982、1.供試材料の項参照) からして、外観からは秋蒔極早生系とは見分けがほとんどつかない。しかし、AITC含量からみると、秋蒔極早生とははっきり異なる系統であることが明らかであった。

また、コペンハーゲンマーケット系がいずれも0.4~1.5mg/100g生体重程度の含量を示すことは、それらの品種がわずかな辛みを持つこと (例えばTable 1-6のオーロラ1号) とよく符合する。寒玉系もほぼ同様の含量を示した。一方、3mg/100g生体重以上と他品種の数倍から数10倍の高含量を示した3品種は寒玉、サクセッション系であるが、どのような遺伝的背景があるか、何故高含量となるのかについては検討できなかった。

食味に関連する成分として遊離アミノ酸についても調査を行っているが、結果の表示方法が全糖などとは大幅に異なるので最後の4.の項で述べることとする。

2. テクスチャー関連形質

テクスチャーに関連すると思われる物理的性質のうち、葉肉の貫入抵抗と圧搾汁液量の

品種間変異を調べた。貫入抵抗についての結果をFig. 2-13 (秋冬採り)、Fig. 2-14 (初夏採り) に示した。両作型ともにほぼ単頂型の分布で最小が75g程度最大が280gで、変動係数は20%台後半と、品種間変異は著しく大きかった。キャベツでは硬さに著しい差異のあることはよく知られて事実(岩間,1974)であるが、貫入抵抗のような物理的計測値でも裏付けられた。硬いため最近の消費嗜好に合わないと言われる(芦沢,1982)寒玉は著しく高い値を示し、消費者の評価の高い秋蒔極早生、丸玉のコペンハーゲンマーケット系やサワー型などの品種群はいずれも比例的低い値を示した。しかし、寒玉を除く3品種群の中にもかなりの変異があり、貫入抵抗の大きいものは小さいものの2倍以上あり、第1章第1節の結果から考えて、消費者が十分識別できる硬さの差があると思われた。

多汁性を評価する計測値として考案した圧搾汁液量の品種間変異を調べた結果をFig. 2-15に示した。この計測値では他の形質のような単頂型の分布とはならず、0.4前後のもの(多汁性に欠けることになる)と0.8前後(多汁性)に分れる傾向を示した。最も低いもので0.15、最も高いもので1.1と多汁性に著しい差があることがうかがわれた。

品種群との関係ではいくつかの興味深い知見が得られた。硬くて多汁性に欠ける寒玉系が極めて低い値を示したこと、柔軟多汁の代表とされている秋蒔極早生系が高い値を示したことはほぼ予想通りであった。これに対して、消費者の人気が高い丸玉系(コペンハーゲンマーケット系)が意外に低い値を示したこと、同じく消費者嗜好に合わせるために開発されたサワー型の品種の中にもかなり低い品種があることは意外な結果であった。このような品種に多汁性の面から高い評価を与えることができないことは、第1章第2節のTable 2-3の中の‘はるなぎ’、‘はまかせ’や第5章に述べる予定の‘湖水’、‘グリーンボール’についての官能試験や嗜好試験でも確認している。またサボイの2品種も低い値を示した。したがって、多汁質を示す品種群としては秋蒔極早生やサワー型の一部とサクセッション系の一部(例えば‘デリシャス’、‘トップ’、‘YR50’など)を挙げることができる。

3. 外観に関する形質

カットキャベツの外観に関する形質として、色に関するクロロフィル含量、カットキャベツの外観の良否に関する葉肉の厚さ、中ろくの大きさの品種間変異を調べた。クロロフィル含量(Fig. 2-16)は単頂型の分布とならず低含量(0.8mg/100g生体重)、中程度(1~2mg/100g生体重)の2箇所ピークができた。最小で0.5mg/100g生体重、最多

で3.3mg/100g生体重と著しく広い変異幅で、硬さと同様、色もまた品種間差の大きい形質であることを示した。コペンハーゲンマーケット系は含量の著しく多い方、寒玉系は含量の少ない方に集った。

サワー型とサボイ系もコペンハーゲンマーケットほどではないもののクロロフィル含量の多い方に属していた。意外だったのは秋蒔極早生系で、春キャベツとして緑色の色で評価される品種群であるにもかかわらず、クロロフィル含量は必ずしも多くなかった。この理由は、この品種群が結球後半には球内部が軟白化することによるため、緑色の特性を活かすためには、収穫適期より早採りする必要があること（芦沢、1982）をクロロフィル含量から説明していると考えられた。

葉肉の厚さは次に述べる中ろくの大きさとともにカットキャベツの見栄えに関係する形質（第5章で詳述、矢野、1986b）でその意味から品質関連形質の1つということが出来る。その葉肉の品種間変異を調べた結果をFig. 2-17に示した。最も薄いもの0.32mm、最も厚いもの0.68mmで厚いものは薄いものの2倍もあった。中心は0.43~0.44mm付近でほぼ単頂型の分布であった。品種群との関係では寒玉が厚かったほか、秋蒔極早生系やサワー型の品種が厚い傾向にあったが品種群として一定の傾向を見出すほどの差ではなかった。

中ろくの大きさは千切りキャベツの見映えに影響する要因で、大きすぎると、製品のカットキャベツが粗雑に見え、商品として販売する際には拾い出さなければならない（第3章第2節）。この中ろくの大きさを葉から切り出してその重量を測定した結果をFig. 2-18に示した。ほぼ単頂型の分布で、最も小さいものは8.0g、最も大きいもので26.0gであり、かなりの品種間変異が認められた。品種群との関係では、秋蒔極早生系が中ろくの形が丸くて（芦沢、1982）目立ちやすいが、品種群との関連は見出せなかった。

4. 遊離アミノ酸含量

遊離アミノ酸は種類が多いこと、測定が容易ではないため測定点数が限られたことの2つの理由で、1~3の項目と同様の方法では結果の解釈や考察はできなかつたので、他とは切り離して本項で検討することにした。Table 2-2に秋冬採り15品種について遊離アミノ酸含量を測定した結果を示した。この表には10mg/100g生体重より多かつた7種類のアミノ酸について図示している。プロリンについては高含量の品種も認められた（矢野ら、1983）がこの蓄積は低温の影響であることがはっきりしている（第2章第2節）、検討対象から除外した。

7種類のアミノ酸と総遊離アミノ酸含量の変異幅をみると最も少ない品種に対する多い品種の比率は総量で2.7倍、アスパラギン酸で2.2倍、セリンで3.3倍、アスパラギンで4.1倍、グルタミン酸1.8倍、グルタミン4.4倍、アラニン4.0倍、アルギニン6.8倍で、著しい品種間差があることが見出された。

主成分分析は多くの特性値から少数個の総合特性値（主成分）を抽出し、少数次元で考えることによって、もとのデータが持つ本質的な情報を見つけ出す手法である。アミノ酸含量の測定結果にこの主成分分析（石間,1969）を適用し、供試したキャベツ品種の特徴を調べようとした。その結果をTable 2-3、Table 2-4に示した。その結果をみると第1から第3主成分までが固有値1.0以上で累積寄与率89%であった。第1主成分では固有ベクトルがすべて正符号であった。このことは第1主成分が遊離アミノ酸の合計量の多少に関係する成分であることを示している。この成分の寄与率が45.3%と第2主成分以下と比べて著しく高いことから、遊離アミノ酸に関する品種間差の第1要因は総量の差であると言える。

第2、3主成分の固有ベクトルはアミノ酸別によりかなり異なるので、第2、3主成分が各アミノ酸の含有割合（組成）に関する成分であると考えられる。第2主成分では、グルタミン酸とアスパラギン酸が負符号で、この両者のアミドが正符号であった。そこで、この4種類の遊離アミノ酸測定値（Table 2-2）を見直してみると品種間差の特徴が明瞭に認められた。最も典型的な2品種、‘春ひかり7号’と‘ケルン’を例にとると、‘春ひかり7号は’グルタミン、アスパラギンのアミド型が、遊離型のグルタミン酸、アスパラギン酸の約3.5倍もあったの対し、‘ケルン’ではアミド型、遊離型の両者が殆ど等しい含量であった。このようなグルタミン酸、アスパラギン酸のアミド型と遊離型の存在比の違いが品種間差異を生じさせている第2の要因であった。

第3主成分の固有ベクトルから判断するとセリンとアラニンの合計量とグルタミン酸とアスパラギン酸（アミド型及び遊離の両方を含む）の割合が遊離アミノ酸の品種間差を生じさせている第3の要因であった。この要因について、Table 2-2の結果を調べてみると、‘新夏秋’が他の品種に比較するとセリン、アラニンが例外的に高含量であった。しかし、他の品種にはこれらのアミノ酸（セリンとアラニンの合計量とアミド型と遊離の両方を含むグルタミン酸とアスパラギン酸の合計量）に際だった特徴は見られず、第3の要因は第1、第2、に比較すると品種間差を説明する要因として重要度が低いと考えられた。

このように遊離アミノ酸含量の品種間差異を生じさせている要因が分かったので、次に

この要因と品種群との関係について調べてみた。供試品種における第1、第2主成分スコアの散布図をFig. 2-19に示した。秋蒔極早生系とサクセッション系のそれぞれ2品種が第2主成分について正方向に分布すること、寒玉系が原点付近に集まること、サボイ系が第2主成分について負方向に位置すること、その他の品種（品種群間にまたがるF1品種であるため特定の品種群に入れにくいもの）が一定の傾向をもたないなどが特徴的であった。この結果をみると第1主成分と品種群との関係については明確な傾向は見出せないものの、第2成分すなわちグルタミン酸とアスパラギン酸のアミド化の程度が品種群によって異なることが明らかだった。すなわち、秋蒔極早生系とサクセッション系はアミド化されている度合いが強く、サボイ系はこの度合いが低く、寒玉はこの中間に位置した。なお、秋蒔極早生系については初夏採りでもこのような特徴を示すことが報告されている（矢野ら、1983）。

グルタミン酸、アスパラギン酸のアミドは根から吸収された窒素がアミノ酸や蛋白質へ同化されていく過程で一次的に貯留される際の化学形態である（Arimaら、1970）。したがって、このアミド態の割合が品種群によって異なる事実は、品種群ごとにその同化過程が微妙に異なる面があることを示唆している。そのメカニズムの詳細な説明は本研究の目的ではないが、各品種群が生化学的な現象で相互に区別できることは興味深いことであった。

遊離アミノ酸は食味との関連が言われているものの、青果物の食味とのかかわりで積極的なデータが得られている例は少ない（稲葉ら、1980）。ここでは、遊離アミノ酸には生理的に極めて多様なものが含まれており、品種、栽培、気象等の変化、変動に対し、どのアミノ酸が反応しやすいかを解明できた。将来、これらの遊離アミノ酸と食味の関連が明らかとなった時、ここで得られた知見が役に立つと考えられる。

本節で調査した8種類の品質項目の測定値から判定した品種群別品質特性を次のとおりまとめた。

1. コペンハーゲンマーケット

- ① クロロフィル含量が断然多い。
- ② 消費者が辛味を感知できる程度のAITCを含む。
- ③ 圧搾汁液量は中位で多汁性は普通。
- ④ 他は特に特徴なし。

2. 秋蒔極早生

- ① AITCが極めて少ない。

- ② グルタミン・アスパラギンなどアミド態の含有割合が多い。
- ③ 中早生系は葉肉が厚く、圧搾汁液量が大きく多汁性。
- ④ 貫入抵抗が小さく軟らかい。
- ⑤ クロロフィル含量は中位。

3. サボイ

- ① 圧搾汁液が小さく、多汁性に欠ける。
- ② 葉肉が薄い。
- ③ クロロフィル含量やや多い。
- ④ 貫入抵抗が小さく軟らかい。
- ⑤ グルタミン・アスパラギンなどアミド態の含有割合が他の品種群より著しく低い。

4. サワー型

- ① クロロフィル含量やや多い。
- ② 外観の似ている秋蒔極早生よりA I T Cは多い。
- ③ 外観の似ている秋蒔極早生より貫入抵抗がやや大きい。
- ④ 一部の品種は圧搾汁液量小さく、多汁性に欠ける。

5. 寒玉

- ① 貫入抵抗が大きく硬い。
- ② クロロフィル含量が少ない。
- ③ 全糖が多い。
- ④ A I T Cが多い。

このほかサクセッション系は品種数も多く、またほとんどの形質で広い変異を示しており品種群としての傾向を見出すのは不可能であった。

V 摘 要

品質変動要因としての品種の重要性を知るため、入手できた全品種を用い、7種類の品質関連形質の品種間変異を調べた。また、5種類の品種群（コペンハーゲンマーケット、秋蒔極早生、サワー型、サボイ、寒玉）の中から選び出した典型的な品種3種についての測定値から各品種群の品質的特徴を知ろうとした。

1) 糖含量の分布はほぼ単頂型分布で、最も少ない品種で2.5g/100g生体重、多い品種では5gを越えた。糖含量に最も影響が大きかったのは収穫日までの日数であった。早生種

- であるコペンハーゲンマーケット系、秋蒔極早生系が少なく晩生種の寒玉系が多かった。
- 2) 辛味成分であるアリルイソチオシアネート (A I T C) 含量の分布は単頂型分布とはならず、低含量 (0.09mg/100g生体重) のものが多く、それ以上になると少なくなり3mg/100g生重以上の品種はわずか3品種であった。秋蒔極早生系の含量が最も少なくコペンハーゲンマーケット、寒玉系の品がやや多かった。
 - 3) 貫入抵抗はほぼ単頂型分布で最小値75g、最大値280gであった。寒玉は大きく、秋蒔極早生系、コペンハーゲンマーケット、サワー型は小さい傾向であった。
 - 4) 多汁性の指標となる圧搾汁液量は単頂型分布とならず、0.4g/15g生体重、0.8g/100g生体重の2箇所にピークができた。秋蒔極早生、サワー型の一部の品種が大きく、寒玉、サボイが低かった。
 - 5) クロロフィル含量は単頂型分布とならず0.8mg/100g生体重と1~2mg/100g生体重の2箇所にピークができた。コペンハーゲンマーケット系の含量が多く、寒玉系が少なかった。
 - 6) 葉肉の厚さはほぼ単頂型分布で、最も薄いものは0.32mm、最も厚いものは0.68mmであった。寒玉系が厚かったほかは品種群としての傾向は少なかった。
 - 7) 中ろくの大きさはほぼ単頂型分布で、最も小さいものは8.0g最も大きいものは26.0gと、品種間変異は大きかったものの品種群としての傾向はなかった。
 - 8) 遊離アミノ酸の品種間差は、総量、アスパラギン、グルタミン、アルギニンで著しく大きかった。主成分分析法で品種間変異の特徴を解析した結果、グルタミン酸とアスパラギン酸とそれらのアミド型 (グルタミン、アスパラギン) の比率が品種群によって明らかに異なった。

第4節 総合考察

我が国で生産されるキャベツの品質変動の大きさを把握することが、品質研究の前提となると考え、第2章では品質変動の大きさを、栽培条件 (第1節)、気象要因 (第2節)、品種 (第3節) と要因別に調べてきた。ここではこれまでに得られた結果を基に、この3要因の品質変動原因としての大きさを比較する観点から考察を進めることにする。

品質変動の大きさを比較するには共通の「ものさし」が必要であり、その「ものさし」として標準偏差を使うこととした。Fig. 2-20には品質変動の大きさを知る材料として貫

入抵抗、全糖、グルタミンを選び、それぞれ品種間、作型間、生育ステージ間、施肥条件間、土壌の種類間、栽植密度間の標準偏差を相互比較した。

貫入抵抗では品種間が最も大きく、他の栽培的要因はそれに比較すると著しく小さい。このことは品種間以外で生じる差はほとんど無視できる程度の差しかないことを示している。

同様な観点から全糖についてみると、様相はかなり異なる。品種間の標準偏差はかなり大きいものの栽培条件でもかなり大きいものがあった。作型間、生育ステージ間でかなり大きい。この2要因については、低温期に収穫すると全糖含量が著しく高くなることによるものであろう。

この2つの品質項目と比較すると、グルタミンは全く様相を異にする。すなわち、品種間の標準偏差が栽培条件の要因間のそれに比較して必ずしも大きくない。作型間と栽植密度間では、むしろ品種間より大きくなっている。このことは作型・栽植密度が異なれば、グルタミン含量の変動は品種間変異の幅を大きく越えてしまう可能性があることを示めている。

以上をまとめてみると我が国のキャベツの品質変動幅を考えるに当たっては、①品種間変異だけで説明がつけられる場合、②品種間変異のほかに、作型（特に冬採り）を考慮する必要がある場合、③品種間変異では全く説明できない場合の3種類に分けられることが明らかとなった。

第3節で品種間変異を調べた項目についてみると、全糖を除くほかの項目は①に入り、我が国のキャベツでの変動幅はFig. 2-10 からFig. 2-18までの図に表現されていると考えて良いと考えられる。一方、②に入る全糖については、冬採りでは6g/100g生重程度の高含量を示すことを考慮に入れる必要があろう。

第3節に示さなかった品質項目（シュクロース、遊離アミノ酸、アスコルビン酸など）は栽培あるいは気象要因の影響が大きく、品種間変異だけでは我が国のキャベツでの変動幅を説明しきれないと判断している。

第2章の結果に基づき、キャベツの品質変動の状況が解明できたので、第3章以降でカット野菜加工適性に着手するに当たっての準備が整ったと考えた。

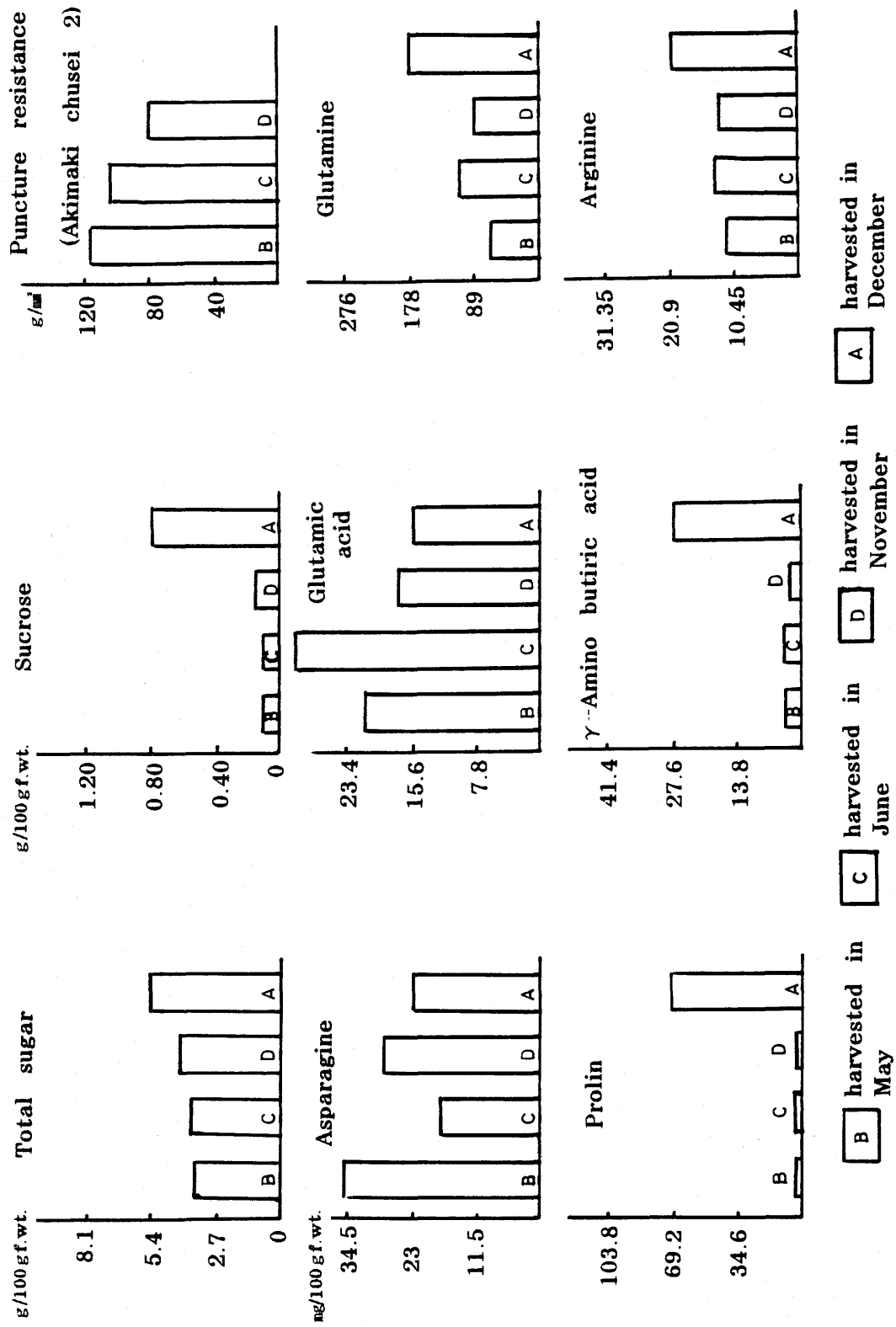


Fig. 2-1. Effect of growing season on sugar content, puncture resistance and amino acids contents.

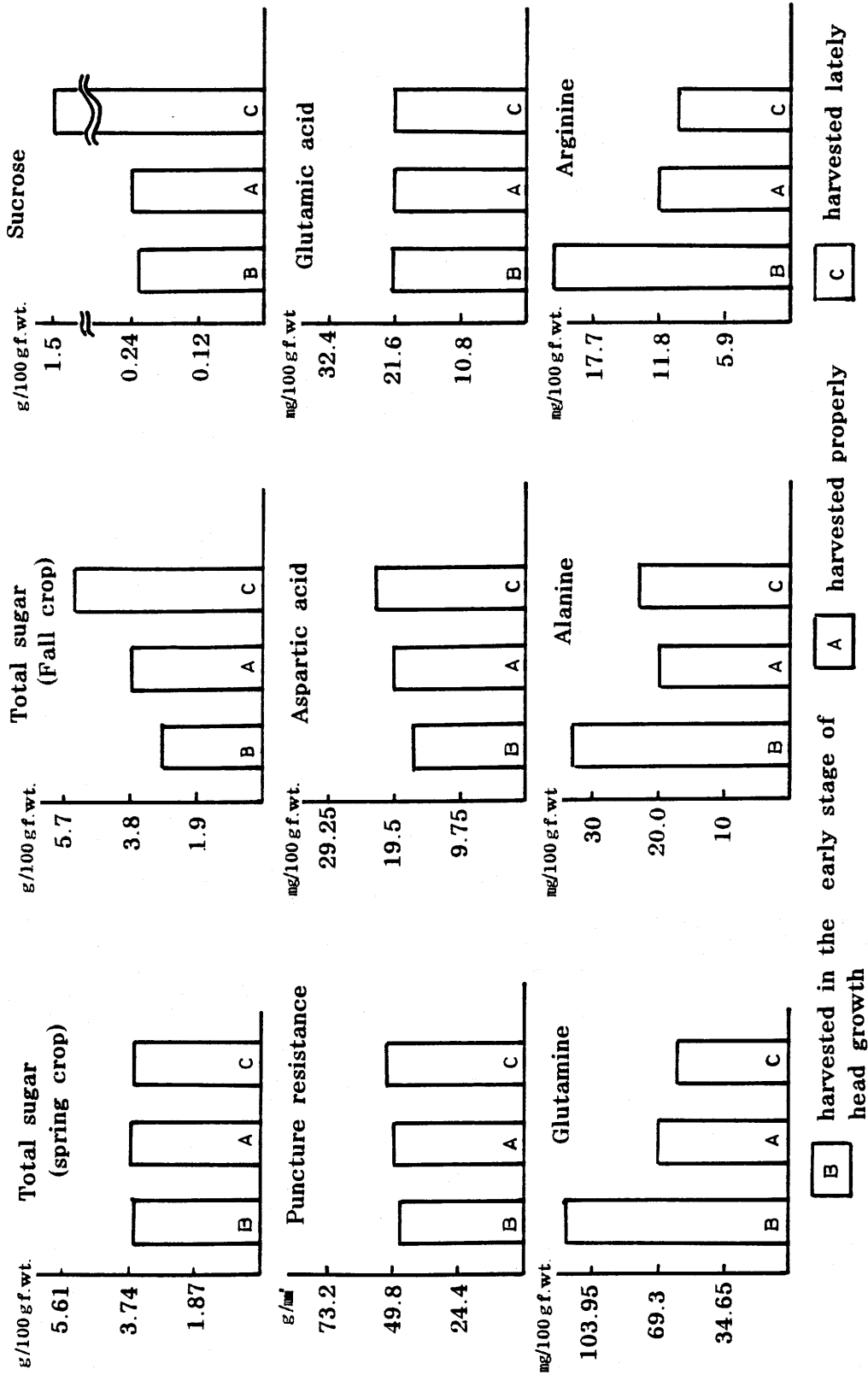


Fig. 2-2. Effect of growing stage of head growth on sugar content, puncture resistance and amino acids contents.

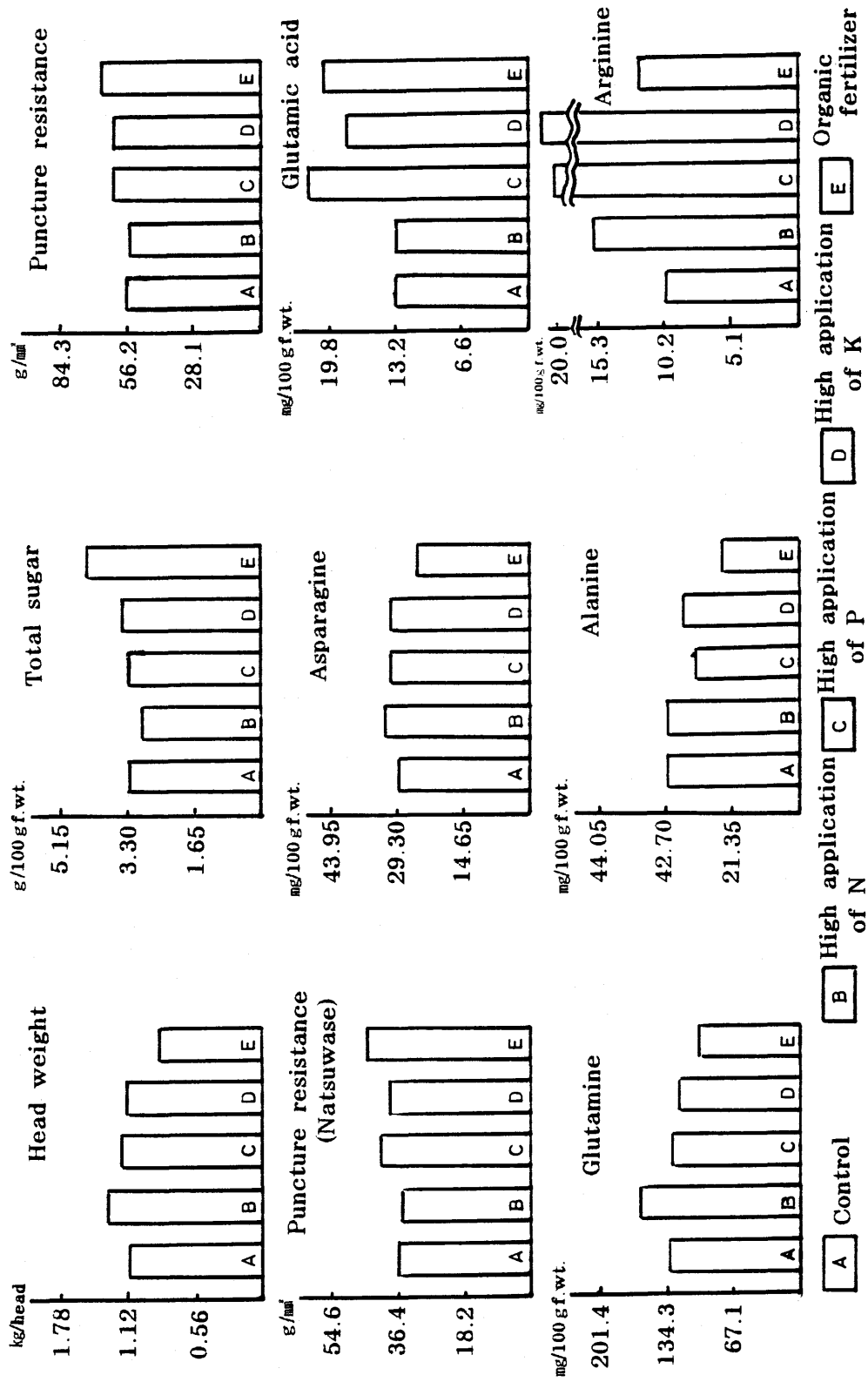


Fig. 2-3. Effect of fertilization on head weight, total sugar content, puncture resistance and amino acids contents.

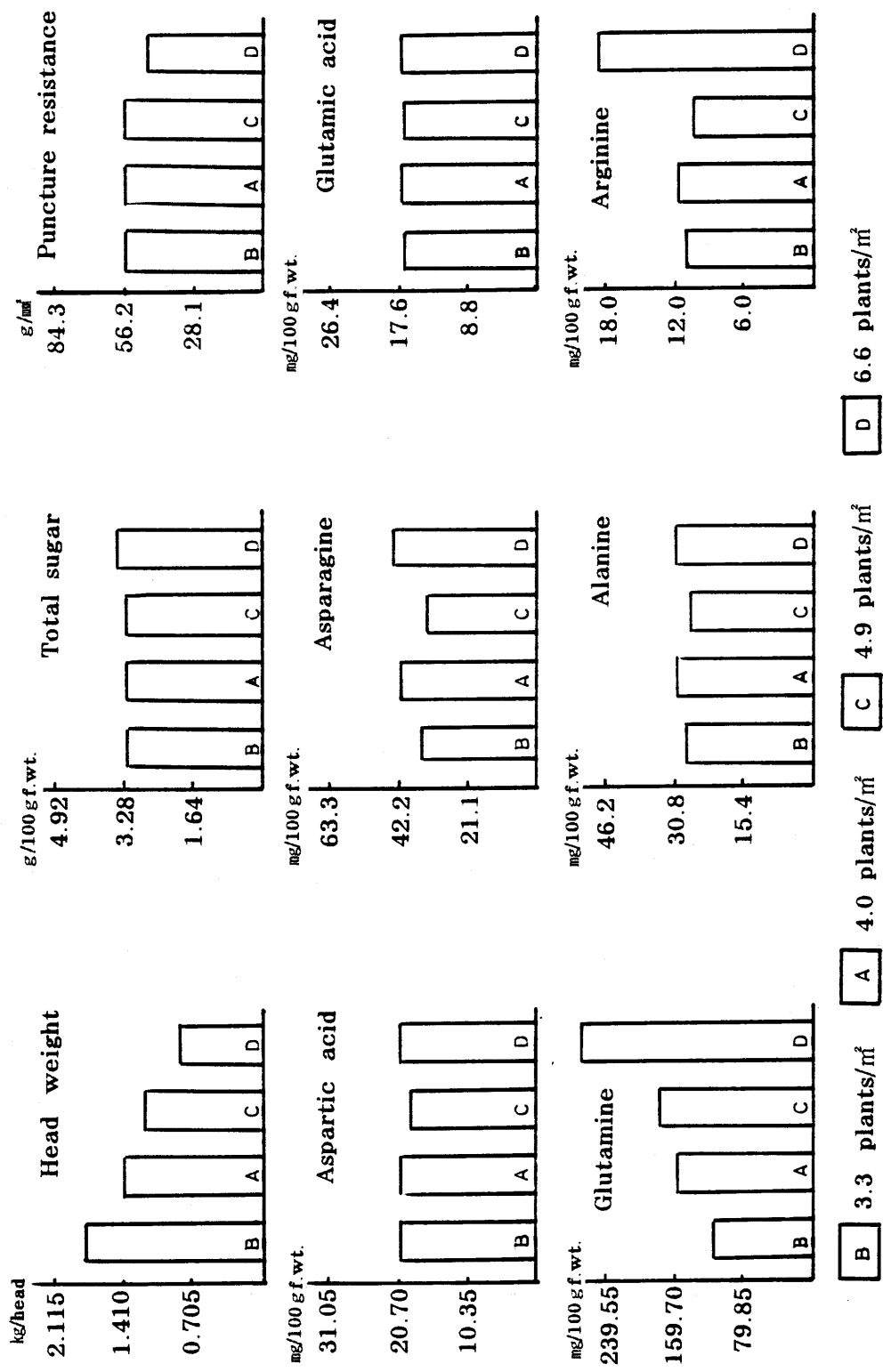


Fig. 2-4. Effect of planting space on head weight, total sugar content, puncture resistance and amino acids contents.

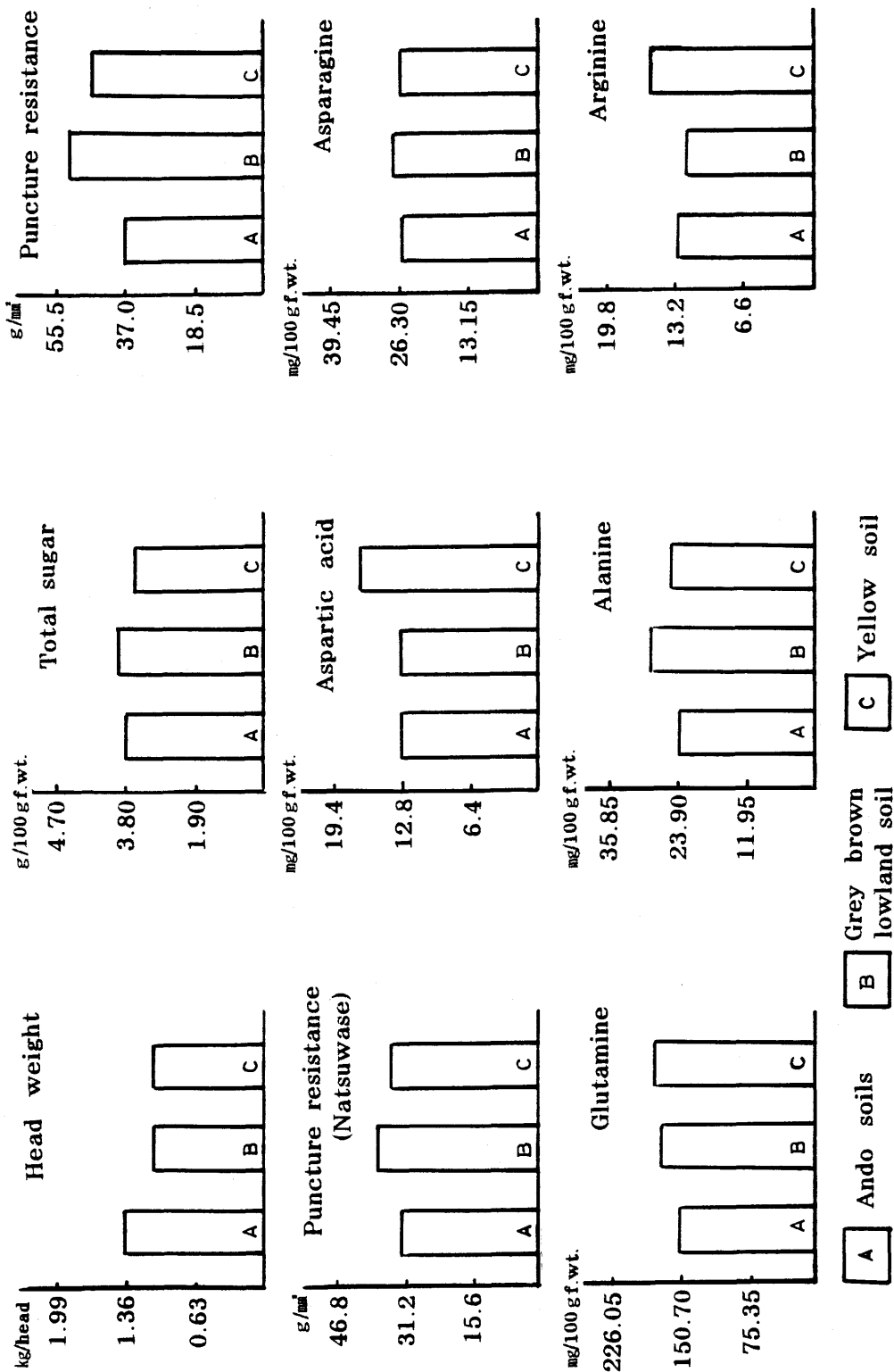


Fig. 2-5. Effect of soil type on head weight, total sugar content, puncture stress and amino acids contents.

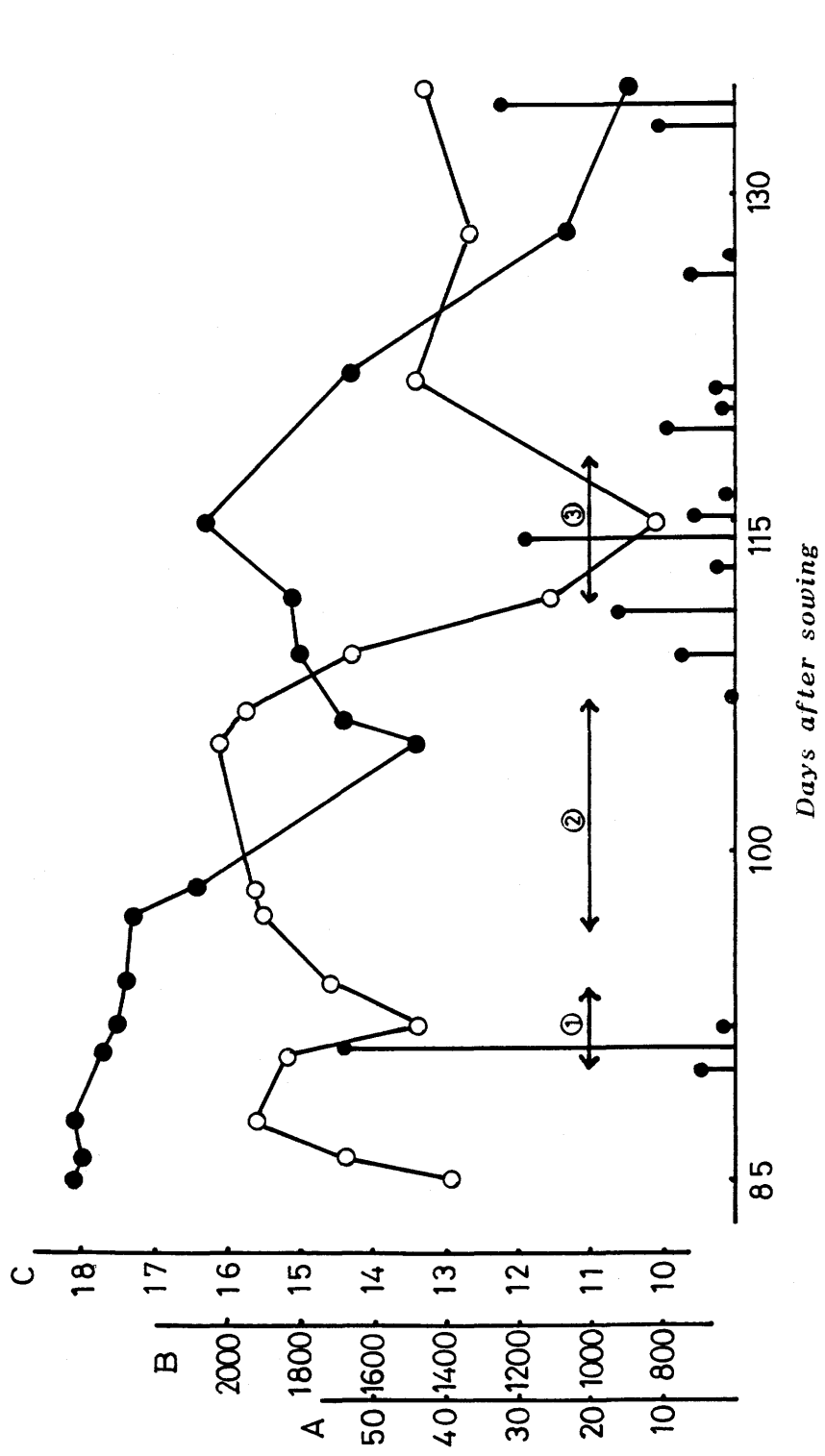


Fig. 2-6. Results of meteorological observation during harvesting season of cabbage.

- A : Rain-fall (mm) (●)
- B : Integrated solar radiation of seven days before harvesting (cal/cm²) (○—○)
- C : Average temperature of seven days before harvesting (°C) (●—●)

①,②,③ : Refer to Results and Discussion.

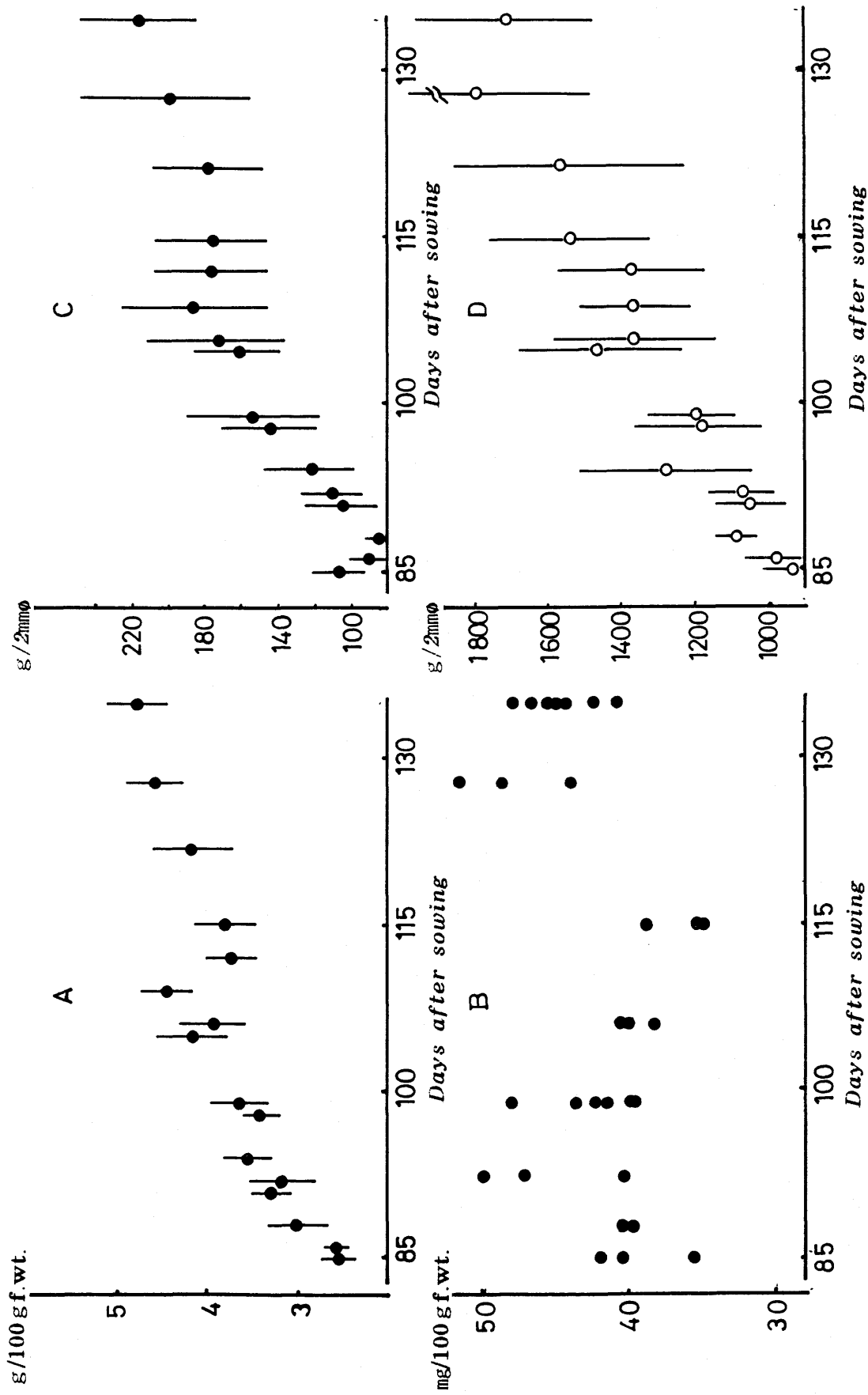


Fig. 2-7. Variations in 4 quality measures among 170 cabbage cultivars differed in time required for head forming and maturing.

- A : Total sugar
- B : Ascorbic acid
- C : Puncture resistance of mesophyll
- D : Puncture resistance of midrib

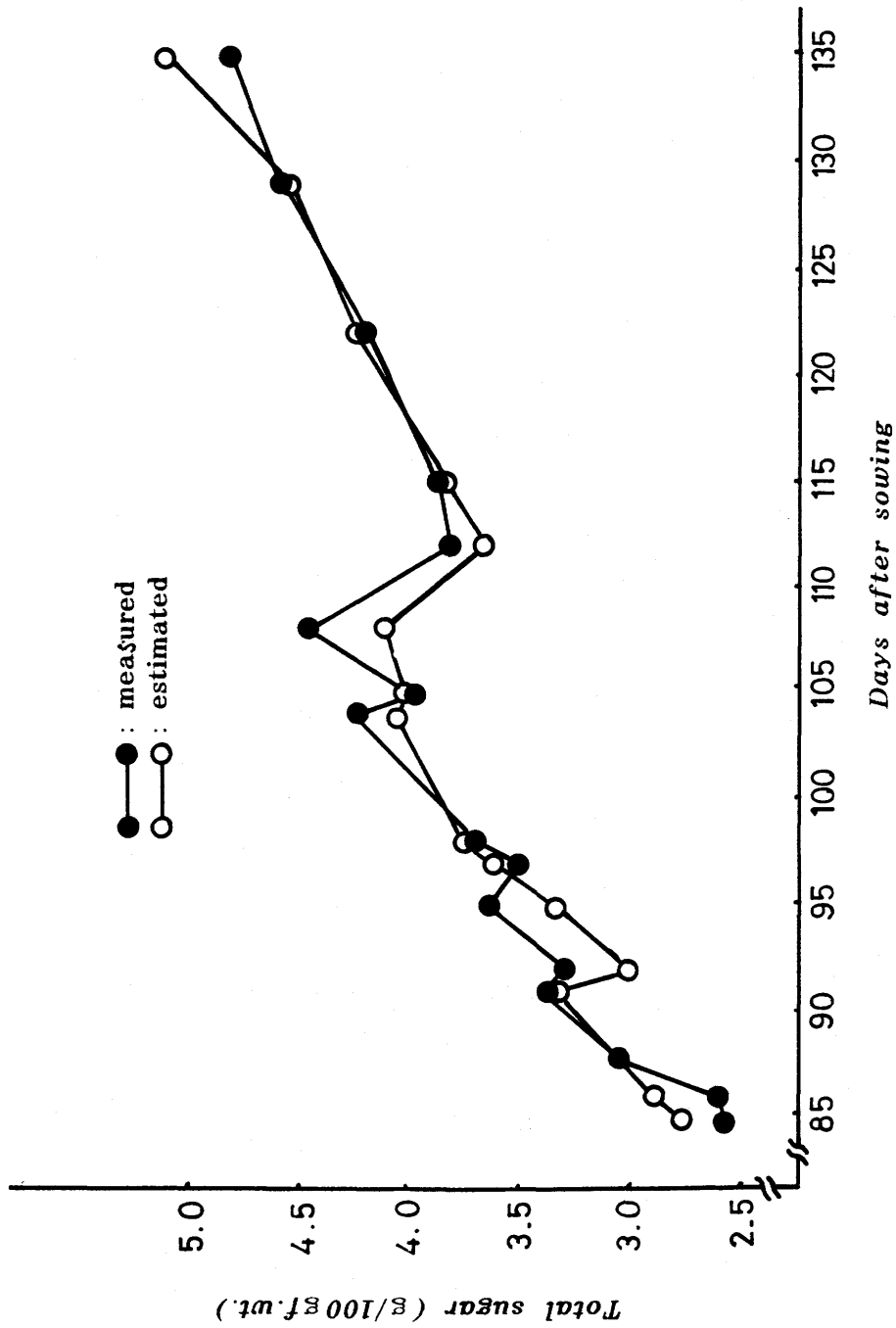


Fig. 2-8. Relationship between the measured sugar content of 170 cultivars and that estimated according to Equation 1.
 Data are the average of 4 to 15 cultivars harvested on the same day shown in figure.

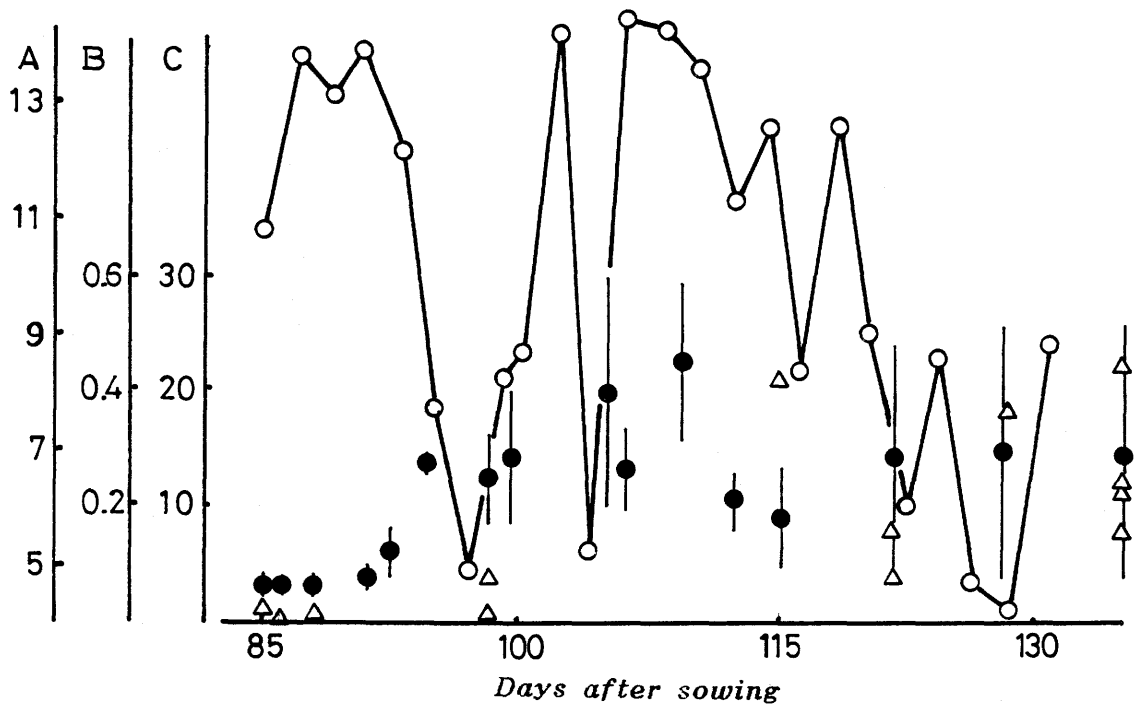


Fig. 2-9. Relationship of sucrose and proline content of cabbage with temperature in the day of harvesting season.

- A ○ : Minimum temperature in the day (°C)
 B ● : Sucrose content (g/100 g f.wt.)
 C △ : Proline content (mg/100 g f.wt.)

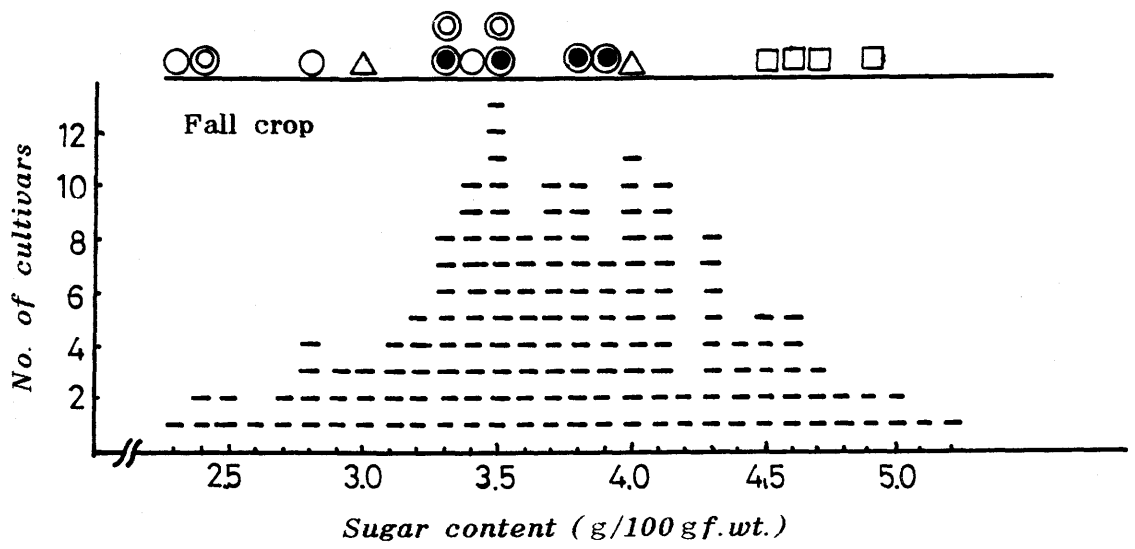


Fig. 2-10. Variation of sugar content in Japanese cultivars (I).

- Copenhagen market
- ⊙ Akimaki gokuwase
- △ Savoy
- Sawyer type
- Kandama

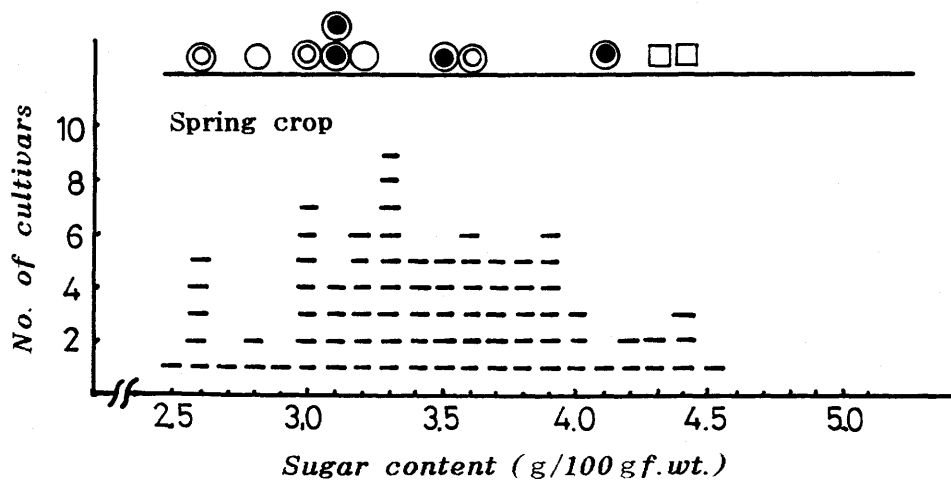


Fig 2-11. Variation of sugar content in Japanese cultivars (II).

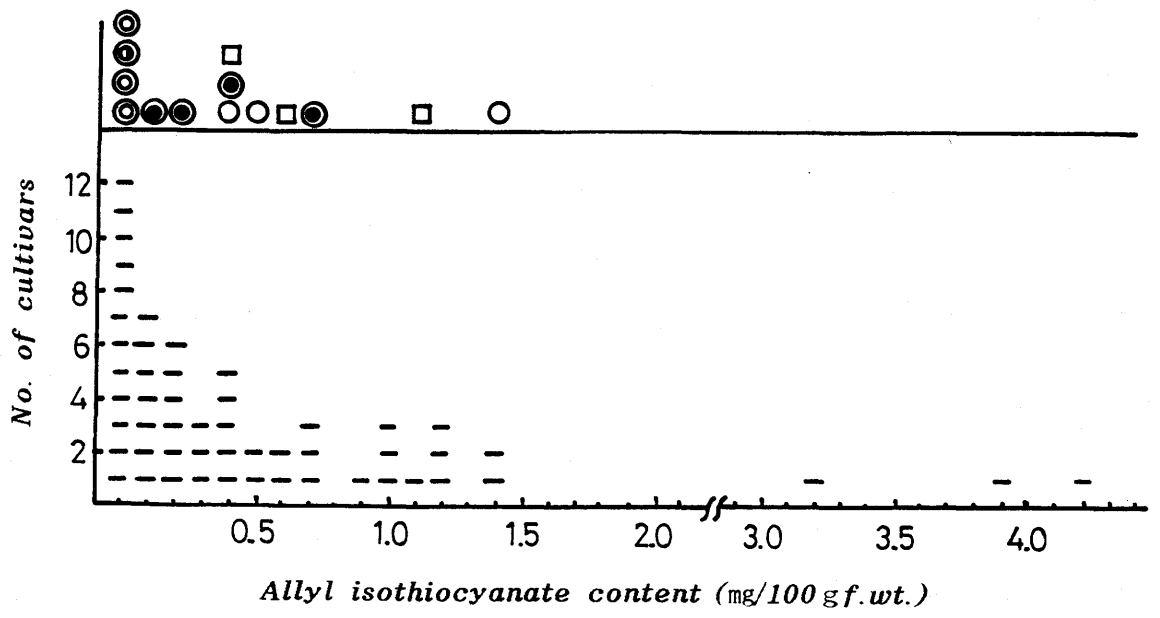


Fig. 2-12. Variation of allyl isothiocyanate content in Japanese cultivars.

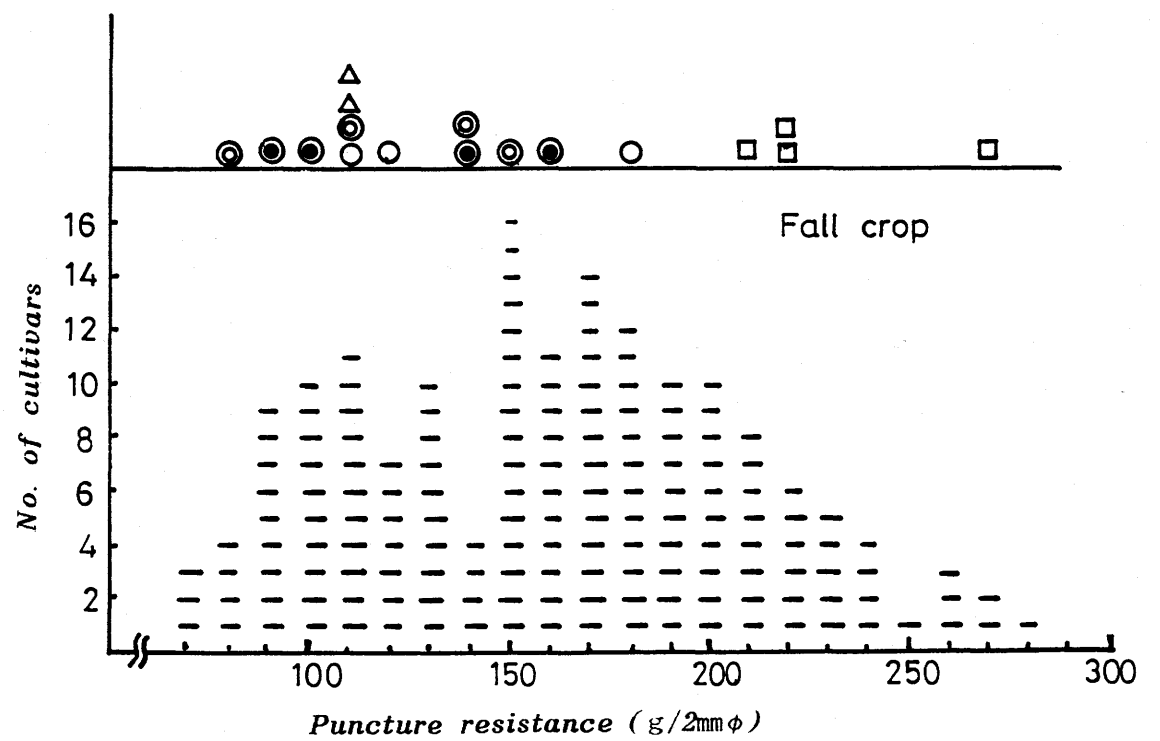


Fig. 2-13. Variation of puncture resistance of mesophyll in Japanese cultivars.

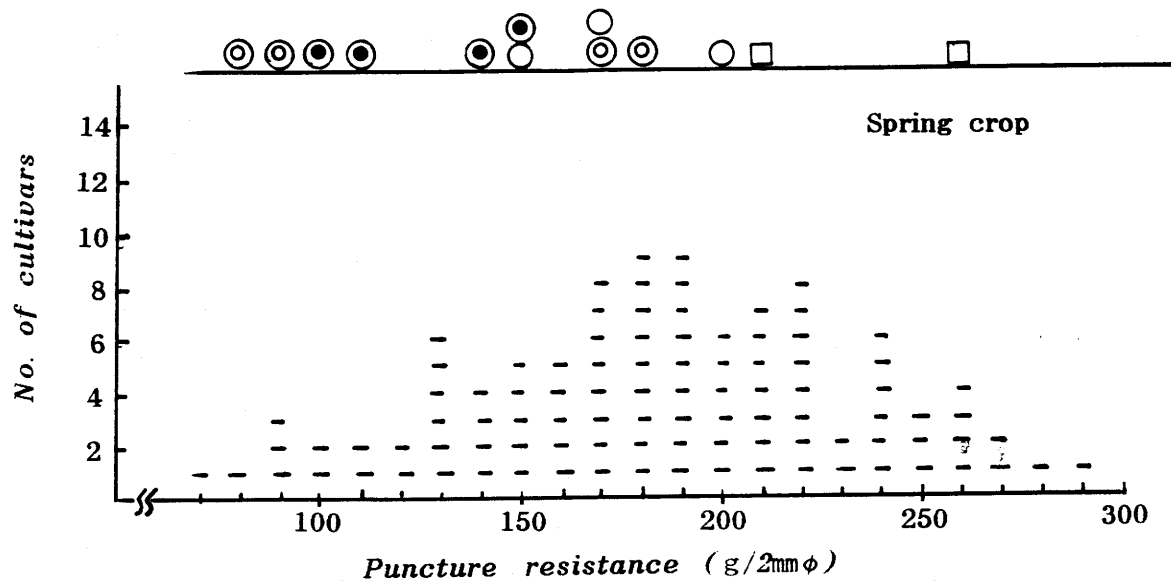


Fig. 2-14. Variation of puncture resistance of mesophyll in Japanese cultivars.

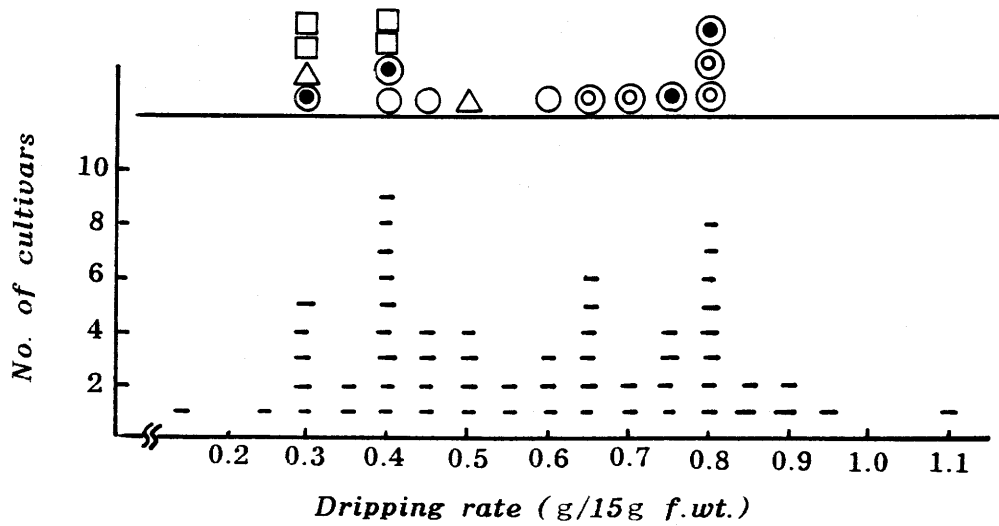


Fig. 2-15. Variation of dripping rate of shredded cabbage in Japanese cultivars.

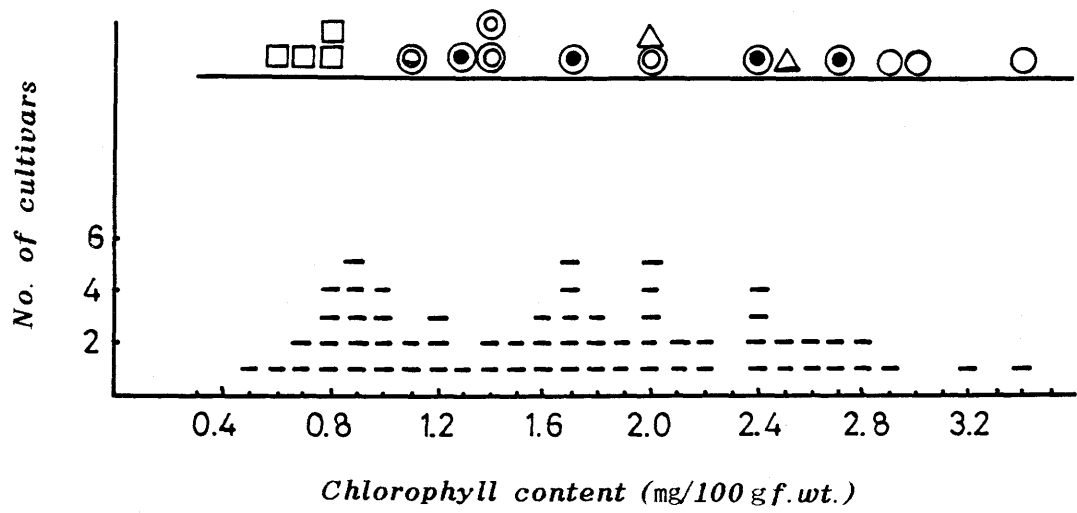


Fig. 2-16. Variation of chlorophyll content in Japanese cultivars.

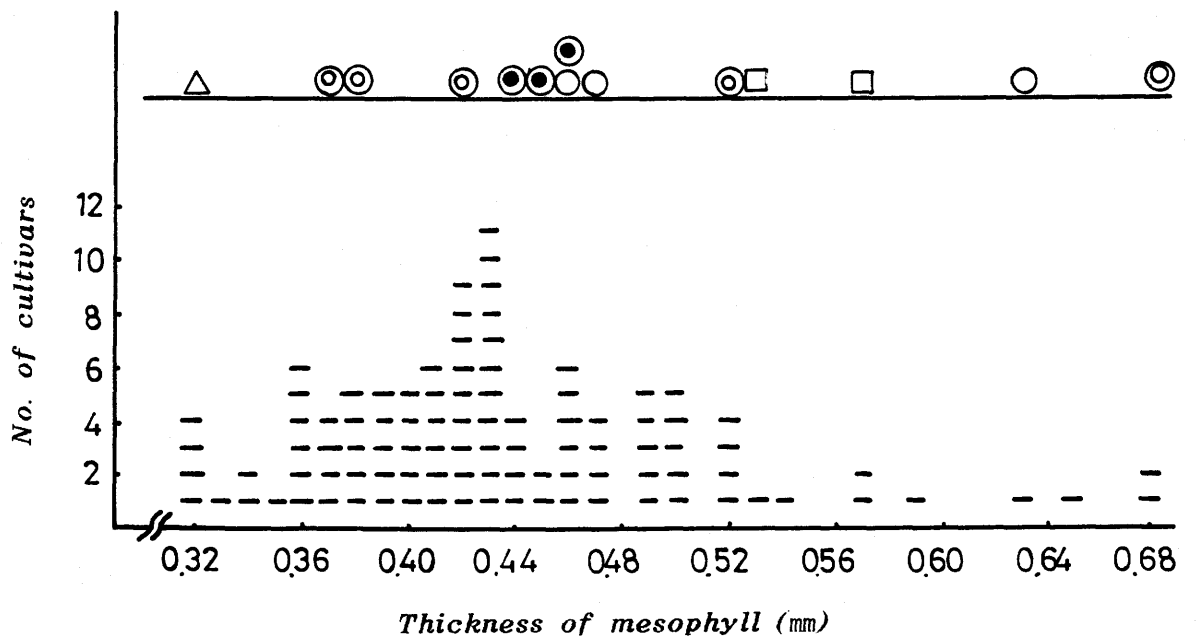


Fig. 2-17. Variation of thickness of mesophyll in Japanese cultivars.

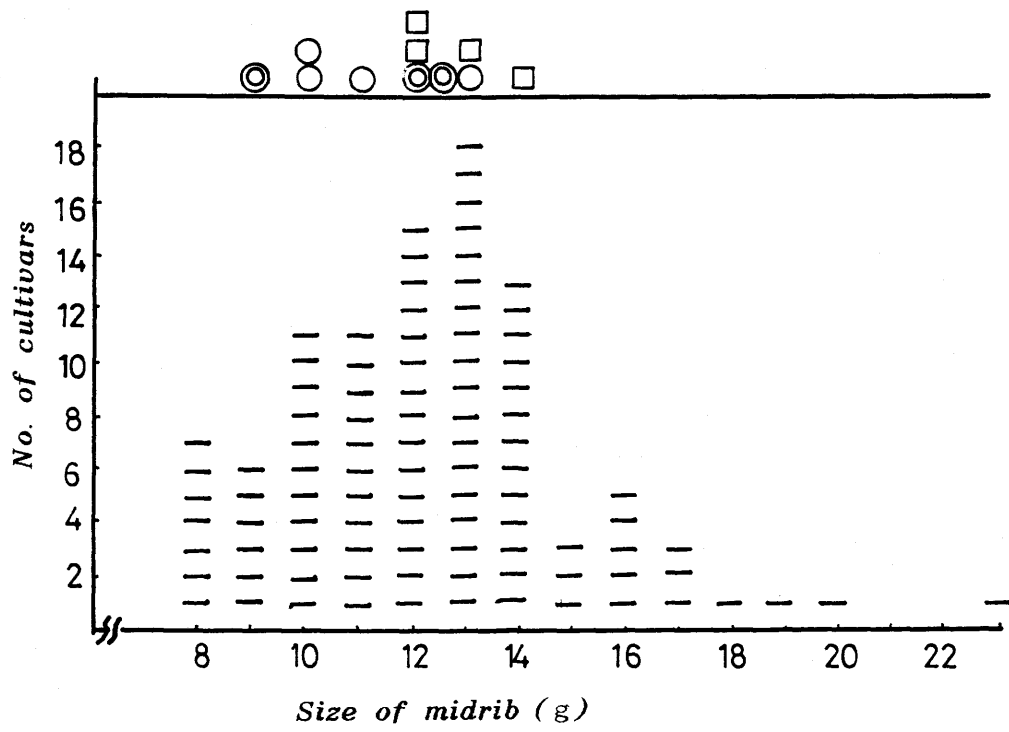


Fig. 2-18. Variation of size of midrib in Japanese cultivars.

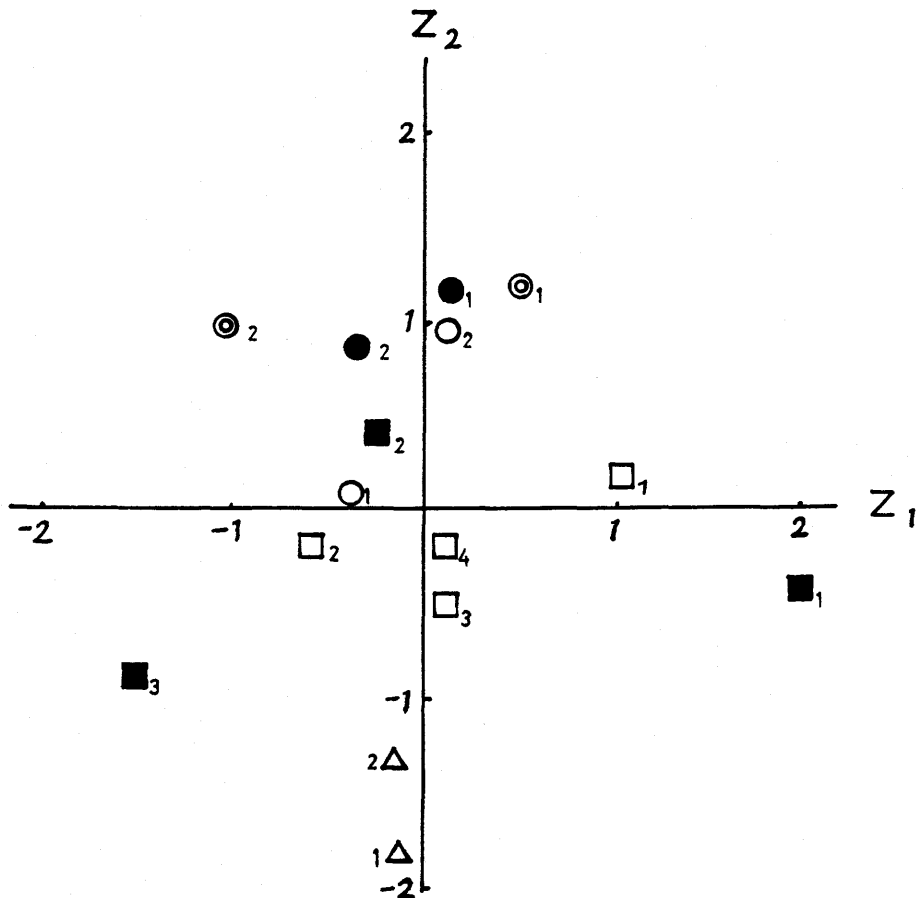


Fig. 2-19. Scatter diagram of 15 cabbage cultivars in Z_1 - Z_2 plane obtained by principal component analysis.

- Z_1 : 1st principal component, Z_2 : 2nd principal component.
- (Copenhagen market, 1: Green ball, 2: Early ball)
 - ⊙ (Akimakigokuwase, 1: Haruhikari 7, 2: Kinkei 201)
 - △ (Savoy, 1: Kern, 2: Savoy king)
 - (Kandama, 1: Taikanogosho, 2: Yayoi, 3: Banchuriso, 4: Shikidori)
 - (Succession, 1: Top, 2: Natsuwase)
 - (Others, 1: Shinkashu, 2: YR kinshu, 3: Kairyonanbu)

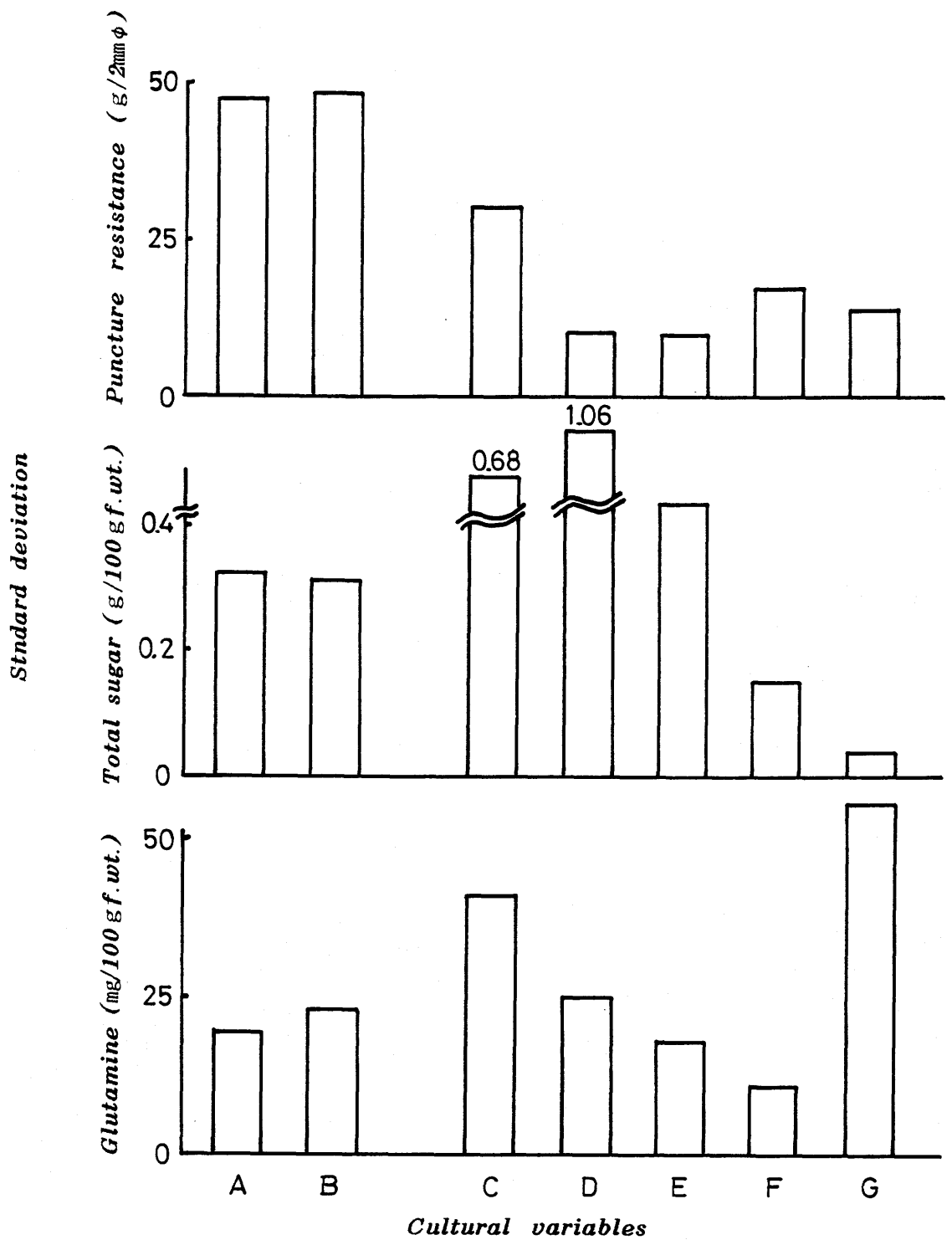


Fig. 2-20. Comparison of standard deviation (δ) of puncture resistance, total sugar content and glutamine among cultural variables.

- | | |
|---------------------------|-------------------|
| A: cultivar (fall crop) | E: fertilization |
| B: cultivar (spring crop) | F: soil type |
| C: growing season | G: planting space |
| D: harvesting stage | |

Table 2-1. Table for analysis of variance.

SV	DF	SS	MS	F
Total	15	6.28		**
Regression	5	5.71	1.14	22.10
Residual	10	0.52	0.05	

** Significant at the 1% level

Table 2-2. Variation of free aminoacids contents in 15 cultivars.

Group ^z	Cultivar	Asp	Glm	Asn	Gln	Ser	Ala	Arg	Total
I	Green ball	14.9 ^y	22.7	15.3	49.5	8.0	11.2	22.0	170.7
	Early ball	13.5	20.9	19.8	77.0	8.6	13.1	24.8	204.6
II	Haruhikari 7	15.9	21.4	26.4	100.7	9.4	14.2	16.8	239.8
	Kinkei 201	12.5	20.1	16.0	70.5	5.0	6.9	5.3	161.9
III	Kern	16.3	22.0	6.5	31.2	5.3	8.0	7.3	115.4
	Savoy king	28.1	28.1	14.4	67.7	7.5	9.3	16.0	231.7
IV	Shikidori	16.3	26.5	11.6	67.5	10.7	12.9	21.8	230.3
	Taikanogoshi	18.4	32.6	19.4	136.3	10.9	14.6	30.9	306.7
	Yayoi	15.2	24.5	10.2	80.1	7.3	8.5	10.1	200.8
	Banchuriso	13.3	25.6	11.9	71.5	11.2	18.5	13.2	202.8
V	Top	16.8	19.3	21.4	96.7	7.1	10.3	26.3	228.5
	Natsuwase	12.9	18.8	19.1	78.2	5.7	10.5	15.3	188.8
VI	Shinkashu	16.2	30.5	17.3	83.4	17.5	27.7	36.2	260.2
	YR kinshu	17.6	21.7	15.2	88.8	7.0	7.2	19.4	213.6
	Kairyonanbu	21.8	30.6	12.2	57.9	10.6	9.3	10.8	195.5

z: Group I=Copenhagen market,
 III=Savoy,
 V=Succession,
 y: mg/100 g f.wt.

II=Akimakigokuwase,
 IV=Kandama,
 VI=Others.

Table 2-3. Eigen value and cumulative contribution

Principal component	Eigen value	Cumulative contribution
1	3.169	0.45
2	1.900	0.72
3	1.177	0.89
4	0.351	0.94

Table 2-4. Eigen vector

Variable	First principal component	Second principal component	Third principal component
Aspartic acid	0.083	-0.495	0.625
Serine	0.486	-0.189	-0.355
Asparagine	0.266	0.519	0.359
Glutamic acid	0.312	-0.543	0.211
Glutamine	0.347	0.344	0.428
Alanine	0.486	-0.080	-0.356
Arginine	0.482	0.172	-0.033

第3章 カットキャベツの加工歩留りに関係する要因の検討

カット野菜の製造コストを支配する重要な要因の一つは仕入れた原料に対する製品の比率である。製造工場での聞き取りによると、この比率すなわち歩留りは原料の特性に依存し、製造方法は関係しない。そして、通常は平均85%程度の歩留りである。これを仮に75%まで引上げることができればそれだけで10数%のコストの引下げになる。そのためには原料を、委託栽培等によって歩留りの高い品種で確保することが望ましい。カット野菜についての調査や研究は数多く行われているものの、加工歩留りに触れているものは全くなく、どのような特徴を有するキャベツが高歩留りになるかは不明である。そこで、本章ではキャベツの形態的特徴と加工歩留りの関係を実験室レベル（第1節）とカット野菜工場レベル（第2節）で調べることにした。

第1節 実験室レベルでの調査

I 目的

種苗特性分類調査報告書（キャベツ編、日本種苗協会、1977）には、キャベツの形態に関して、球形、球頂の形、球底の形、球重、球径、球高、中ろくの形、芯長、球のしまり、かぶり（球の表面を何枚の葉で被っているのか）の10形質が記載されている。これらは品種群や系統によって特徴があることは明らかであるが（芦沢、1976）、400を越える（日本種苗協会、1980）キャベツの品種の各々がどのような特徴をもつかについての詳細は不明である。

そこで本節では上記の10形質を参考に、数値化できる7形質を選び、品種間変異を調べた。併せて実験室レベルでも加工歩留りを調査し、その品種間変異の概略を知ろうとした。

II 材料及び方法

1. 供試材料の栽培条件

キャベツはすべて野菜・茶業試験場圃場で栽培した。秋冬採りは1982年7月中旬、初夏採りは1983年3月上旬に播種し、約1ヵ月後、株間40cm・千鳥植えで定植した。施肥量は窒素、りん酸、カリとも20kg/10aでその3/4を基肥に、1/4を結球始期に追肥として施用した。そのほか、炭酸苦土石灰を100kg/10a、パーク堆肥を1000kg/10a、基肥として施用

した。供試品種は秋冬採り170品種（付表一1）、初夏採り99品種（付表一2）で、1品種30株（1区制）とした。なお秋冬採りは第2章、第2節と同じものである。

2. 供試材料のサンプリング方法

1品種30株のうち、平均的な生育の10個体を選び、適期に収穫した。このうち5個体について7形質（球重、球形指数、比重、芯長、中ろくの大きさ、葉肉の厚さ、葉肉と中ろくの貫入抵抗）の調査を行い、残りの5個体で加工歩留りを調査した。

3. 球の形態に関する形質の調査

球形指数は球高・球形を測定し、その比で表わした。比重は瀬古（1969）の方法に準じて算出した。すなわち球重を体積の近似値である $\pi \times \text{球高} \times (\text{球径})^2$ の値で割って得られる値を比重とした。

芯の長さは球を縦切断して計測した。

中ろくの大きさは、表面から3枚目の葉について、葉肉部から中ろくを切り取り重量を測定した。

葉肉の厚さは、結球表面から3枚目の葉の、中ろくと葉の先端との中間部分についてダイヤルカリパーで測定した。葉肉の貫入抵抗は第2章第2節の方法と同様である。

4. 加工歩留り

5個体のキャベツからフードスライサー（大栄製作所製）を用いカットキャベツを調製し、原料キャベツに対するカットキャベツ製品の重量割合で表した。

III 結果及び考察

1. 形態的特徴の品種間変異

加工歩留りに関係があると推測した7形質の品種間変異を秋冬採り170品種、初夏採り99品種について測定した結果をTable 3-1に示した。調査した7形質のうち、球重の品種間変異が最も大きく、変動係数が30.4%（秋冬採り）、32.0%（初夏採り）であった。ついで貫入抵抗、中ろくの大きさが大きく、いずれも20%台の変動係数であった。他の形質は初夏採りの球形指数が21.1%であった以外は10%台で、品種間変異はやや小さかった。このように調査したキャベツの中には形態的特徴の著しく異なる品種が含まれていることか

ら、加工歩留りと形態的特徴の関連を解析するには良い材料だと判断した。

2. 加工歩留りの品種間変異及び加工歩留りに関連する要因の検索

原料キャベツからどの程度の割合で、カットキャベツが得られるかの加工歩留りを秋冬採りについて調査した。その分布状況をFig. 3-1に示した。85%以上87.5%未満の品種が最も多く、ついで87.5%以上の品種、82.5%以上85%未満であった。歩留りが最も高い品種は91%、もっとも低い品種は76%であった。加工歩留りと球重の関係及び比重との関係をFig. 3-2に示したが、球重、比重とも大きくなるほど、加工歩留りは高くなった。しかし、この傾向は1200g程度までで、それ以上球重が大きくなっても、更に加工歩留りが高くなることはなかった。比重との関係でも同じ傾向が見られ、比重が大きくなるほど加工歩留りは大きくなったが、0.6以上では更に大きくなることはなかった。

このように球重、比重と加工歩留りの間には密接な関係が認められた。これは球重・比重の小さい品種ほどトリミングで廃棄される部分（表面葉、芯や中ろく）の割合が大きくなるためと考えられる。一方、そのほかの形質については加工歩留りとの間に密接な関係は認められなかった。トリミングで廃棄される部位である芯や中ろくの大小は歩留りに影響することが予想されたが、球重、比重の影響に打ち消されるためか、歩留りとの間の関係は明瞭でなかった。

IV 摘 要

カットキャベツ加工歩留りに優れた品種の形態的な特徴を明らかにする目的で、秋冬採り170品種、初夏採り99品種を用い、物性、形態的形質の品種間変異及び実験室規模での加工歩留りを調査し、次の結果を得た。

- 1) 調査した7形質のうち、球重の品種間変異が最も大きく、ついで葉肉と中ろく貫入抵抗、中ろくの大きさ、球高/球径比で、他の形質（芯長、比重、葉肉の厚さ）の品種間変異は小さかった。
- 2) 実験室規模での加工歩留り調査の結果、加工歩留りには著しい品種間差が認められた。加工歩留りの高い品種は球重、比重がいずれも大きい傾向にあった。

第2節 加工場レベルでの調査

I 目 的

カットキャベツ製造工程で出る廃棄部分は次の4つに分類される。①色の濃すぎる表面葉、②可食部ではない芯の部分③製品の見ばえを良くするために除去される大きな中ろく、④カット工程で生ずる小さな切りくずである。

加工歩留りに優れた品種はこの4つの全部あるいはいずれかが小さくなる必要がある。そこで、本節では最初に前節の調査に基づき形態的に特徴のある品種を選び出した。次いで、それらの品種についてカット野菜工場加工歩留りと①～④を実際に測定し、歩留りに関連する形質を探ろうとした。

II 材料及び方法

1. 供試品種の選定と栽培

第1節で得られた比重、芯長、中ろくの大きさについての調査結果から特徴があると判断した15品種を1983、1984、1985年の初夏採りと秋冬採り（計6回）栽培した。栽培法は前節の方法に準じた。

2. 加工歩留りの調査

15品種（2回繰返した品種あり）を1栽培時期当たり4～5品種ずつを適期に収穫し、通常の出荷形態と同じ状態に調製した。このキャベツを1品種当たり70～100kgを出荷用の15kg用ダンボール箱に入れ宅配便で、神奈川県大和市の全農大和生鮮食品集配センター内野菜一次加工工場まで送付した。到着したキャベツはただちに5℃の冷蔵庫に入れ、翌日カットキャベツ歩留りの調査を行った。

調査項目は①加工歩留り（原料に対する製品の重量%）、②カット前に除去された表面葉の重量%、③同じく重量%、④製品中から拾い出された中ろく部分の重量%、⑤①－（②＋③＋④）で算出される製造工程での重量ロス%（工程中に生ずる切りくず）である。

カットキャベツの調製は上記加工場の稼働中の工程に組み入れ、作業は全て同工場の従業員が通常の工程と同様に行った。調査は全農農業技術センター商品開発部研究員の協力を得た。

III 結果及び考察

1. 歩留り調査用品種の選定

加工歩留りには、前節の結果から明らかなように、球重、比重が関係する。加えて、廃棄部位である芯や中ろくの大小も関係する可能性も残されている。そこで、前節で形態的形質の品種間変異を調べた際の比重・芯と中ろくの大きさのデータを用いて、その3形質に特徴のあった15品種を加工工場における歩留り調査用品種として選び出した。それ等の品種の特徴をTable 3-2 に示した。選定した品種は、I 比重が大きい品種…… 3 品種、II 芯が小さい品種…… 3 品種、III 中ろくが小さい品種…… 2 品種、IV 比重、芯、中ろくに特に特徴のない品種…… 3 品種、V 比重が小さい…… 2 品種、VI 芯が大きい…… 2 品種の6種類でIVを除くといずれもその項目については、第1節で調査した品種の中では最も特徴的な品種である。このような形態的変異の著しい品種を用いて歩留りを調査すれば歩留りの品種間差が著しく大きくなり、高歩留りを得るための条件が明らかにできると考えられた。

2. 高歩留り品種の具備すべき条件の解明

野菜試験場圃場で栽培した15品種のキャベツについてカット野菜工場加工歩留りを算出した結果をFig. 3-3に示した。結果は上述のグループ別に示している。加工歩留りは最も大きかったもので79.5%、最も小さかったもので62%と実に17.5%もの開きがあった。75%以上の高歩留りであったのは‘新夏秋’、‘緑新中早生’、‘豊玉’の3品種で、比重が大きい、又は芯が小さいことを理由に選んだ品種であった。これ以外の選定理由のキャベツは最も高い歩留りを示した品種でも70%で概して低歩留りであった。したがって、高歩留りを得るにはこの2条件のいずれかを満たす事が必要と判断された。しかし、この条件を満たしていても低歩留りにとどまった品種もあることから、この条件だけで十分とは言えない。

そこで、次に加工場に出る廃棄部分の割合を調べ、比重が大きい、芯が小さい以外に必要な条件を探そうとした。供試品種の中から比重の大きかった4品種、芯の小さかった2品種（初夏採り、秋冬採りの2回で4検体）について、廃棄部分を表面葉、芯の部分、中ろく部分、切りくずの4種類にわけFig. 3-4に示した。

比重大の4品種では‘秋徳’、‘YR剣山’は芯としての廃棄率が著しく大きいこと、‘金剛’は中ろくとしての廃棄率が著しく大きかったことが‘豊玉’ほどの高い歩留りが得られない原因であったと推測される。また、豊玉とその他では工程中で生ずる切りくずにもかなりの差が生じた。

一方、芯の小さい4検体では初夏採り・秋冬採りで、中ろくとしての廃棄率が著しく異

なることが加工歩留りを左右するよう思われた。例えば‘緑新中早生’では、初夏採りに比較して秋冬採りでは歩留りが低かったがその理由の大部分は中ろくとしての廃棄率が大きいことに起因していた。‘初夏採り’、‘秋冬採り’の影響が逆ではあるが、‘デリシャス’にもほぼ同様のことが言えた。

実験室レベルでの調査では、高歩留りには球重が大きいことが必要なことを明らかにしている。加工場レベルでは自明のこととして球重の小さい品種は供試材料として取り上げていないが、1000g以上の大きさにはなりにくい‘夏峰’、‘ボールヘッド’の歩留りがそれぞれ67.8%、68.0%と低かった (Fig. 3-3参照) ことから、同様のことは加工場レベルでもいえると考えられる。

以上を総括すると、高歩留り品種の具備すべき条件としては、比重が大きいか芯が小さいこと (‘豊玉’、‘緑新中早生’、‘デリシャス’のように両方兼ねそなえていれば更に良い) のほかに、芯が大きすぎない、中ろくが大きすぎないことが挙げられるよう思われた。

IV 摘 要

カットキャベツ加工歩留りに優れた品種の形態的特徴を明らかにする目的で、比重、芯長、中ろくの大きさに特徴のある品種を前節の結果に基づいて選び出し、カット野菜加工場での加工歩留り調査及び加工時に生じる廃棄量の測定を行った。

- 1) 調査した15品種 (繰返しを含む17検体) の加工歩留りは最も大きいもので79.5%、最も小さいもので62%と17.5%もの開きがあった。
- 2) 75%以上の高歩留り品種は比重が大きいかまたは芯が短い特徴があった。
- 3) 比重が大きくても芯の長い品種は芯としての廃棄量が多く、芯が短くても中ろくが大きい品種は中ろくとしての廃棄量が多くなり、結果的にはいずれも加工歩留りは小さくなった。
- 4) 高歩留り品種の具備すべき条件は、比重が大きいか芯が短いことと芯、中ろくが大きすぎないことであった。

第3節 総合考察

第3章では実験室レベル・加工場レベルでの加工歩留りの調査を行い、高歩留り品種が具備すべき条件をほぼ明らかにできた。ここでは高加工歩留り用品種の選抜基準設定の観

点から考察を進める。

歩留りに関係すると判定した形質のうち、芯、中ろくについては、それ自身がトリミングで廃棄される部分なので、小さければ小さいほど良いことは自明である。芯については品種間変異巾から考えて、6 cm以下が望ましいと思われる。芯の長さは作業性にも関係し、長く、曲った芯を持つ品種は除芯作業の能率が極端に落ちる。中ろくについては、厳密な根拠があるわけではないが品種間変異幅 (Fig.32) を考えて、12g程度以下が適当ではなかろうか。

この2形質に比較すると、球重、比重については何故、大きい方が歩留りが高くなるかは明らかでない。廃棄部位である外葉、芯、中ろくの大きさは重量が同じであれば、球重あるいは比重の大きいキャベツの方が製品になる部分が多くなるためと考えられるが根拠はない。Fig. 3-2から判断して、高歩留りには球重1200g以上、比重0.65以上は必要と思われる。ただし、球重についてはあまり大きくなり過ぎると、作業性は落ちるし、当然芯や中ろくも大きくなるので、1600g程度を上限とした方が良いと思われる。

第1節での調査結果を基に、この条件を完全に満たしている品種を探すと、‘豊玉’だけであった。そこで、ほぼこの基準を満たしている品種を高歩留り候補として選び出したのがTable 3-3に記載した品種で、選出根拠となった計測値とともに示している。

これらの品種すべてについて、加工場レベルで確認のための歩留り試験を行う必要があったが、1品種当たり70~100kgと大量のキャベツが必要なこと、第2節で15品種(17検体)の調査を行った関係で工場側に余力が無かった等の理由で、確認の調査は行っていない。しかし、15品種のうち‘豊玉’、‘デリシャス’、‘緑新中早生’、‘新夏秋’は第2節の調査(Fig. 3-3)で73~79%の高歩留りを示したこと、また他の品種も形態的にこの4品種に近いことから同程度の歩留りは期待できると推測している。

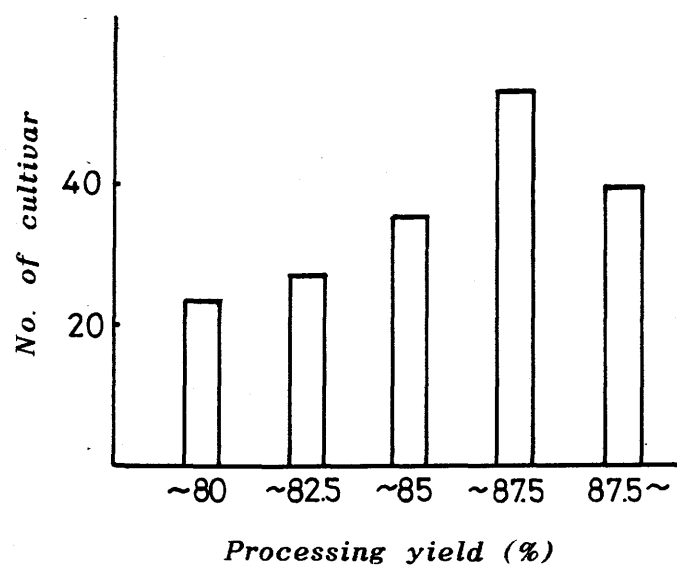


Fig. 3-1. Processing yield of Japanese cultivars under laboratory conditions.

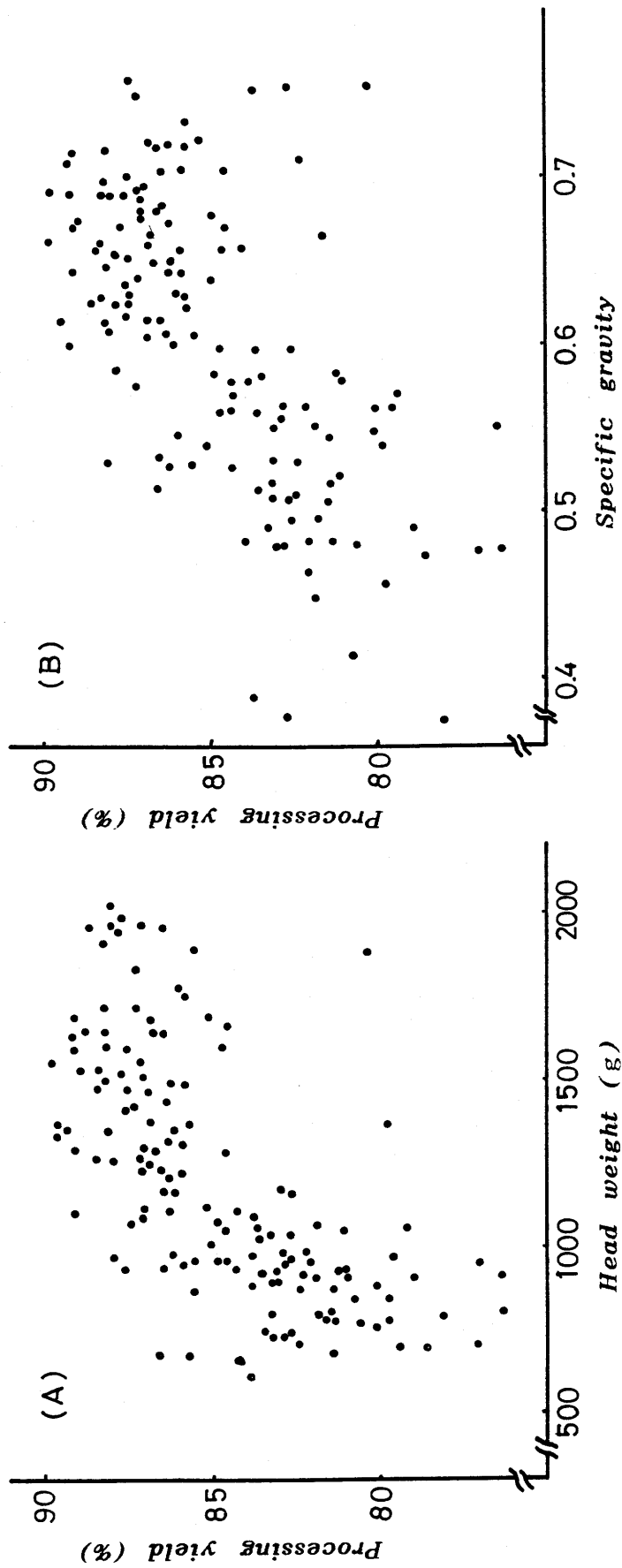


Fig. 3-2. Relationship of weight and specific gravity of cabbage head with processing yield.

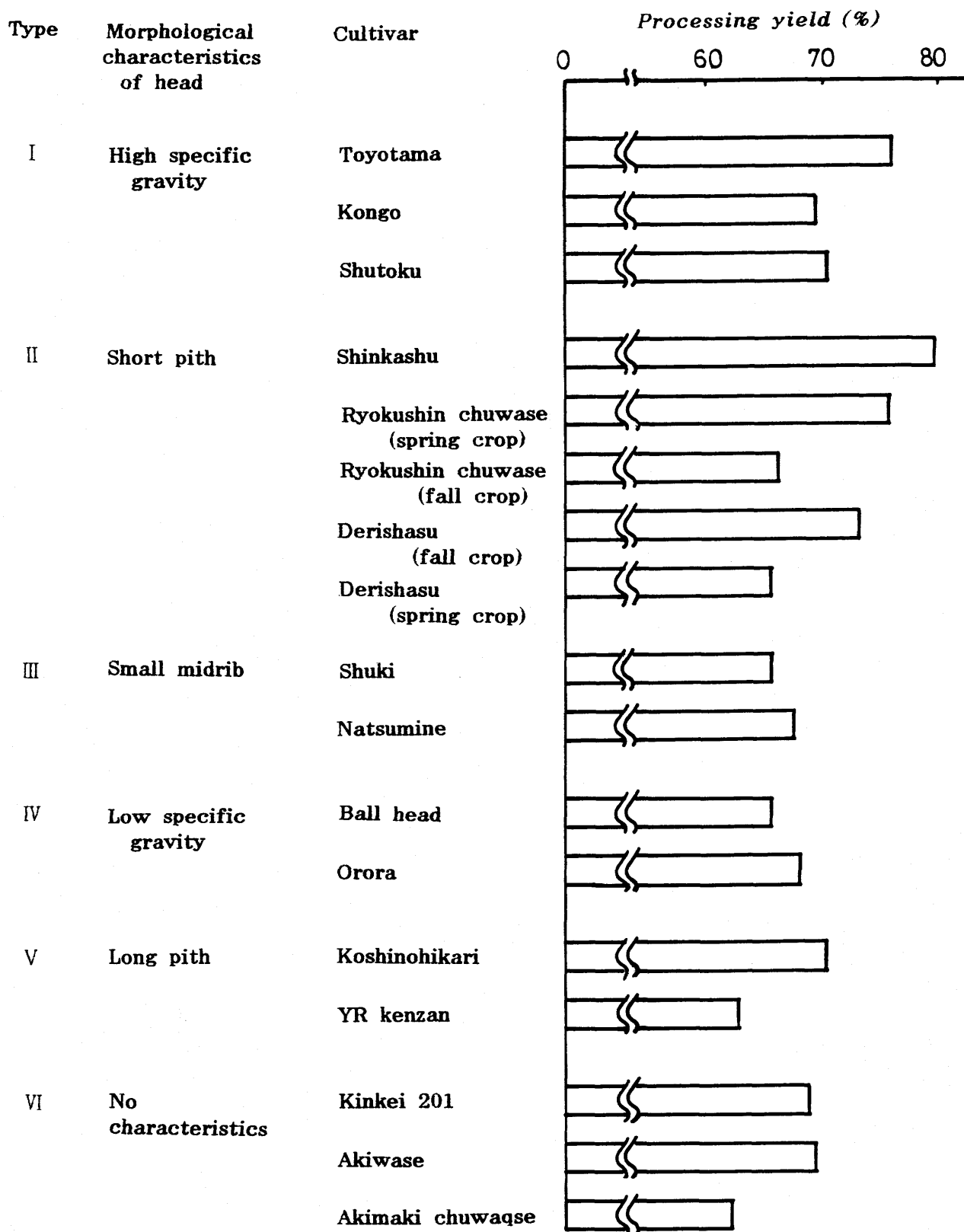


Fig. 3-3. Variation in processing yield among cultivars with different morphological characteristics of head.

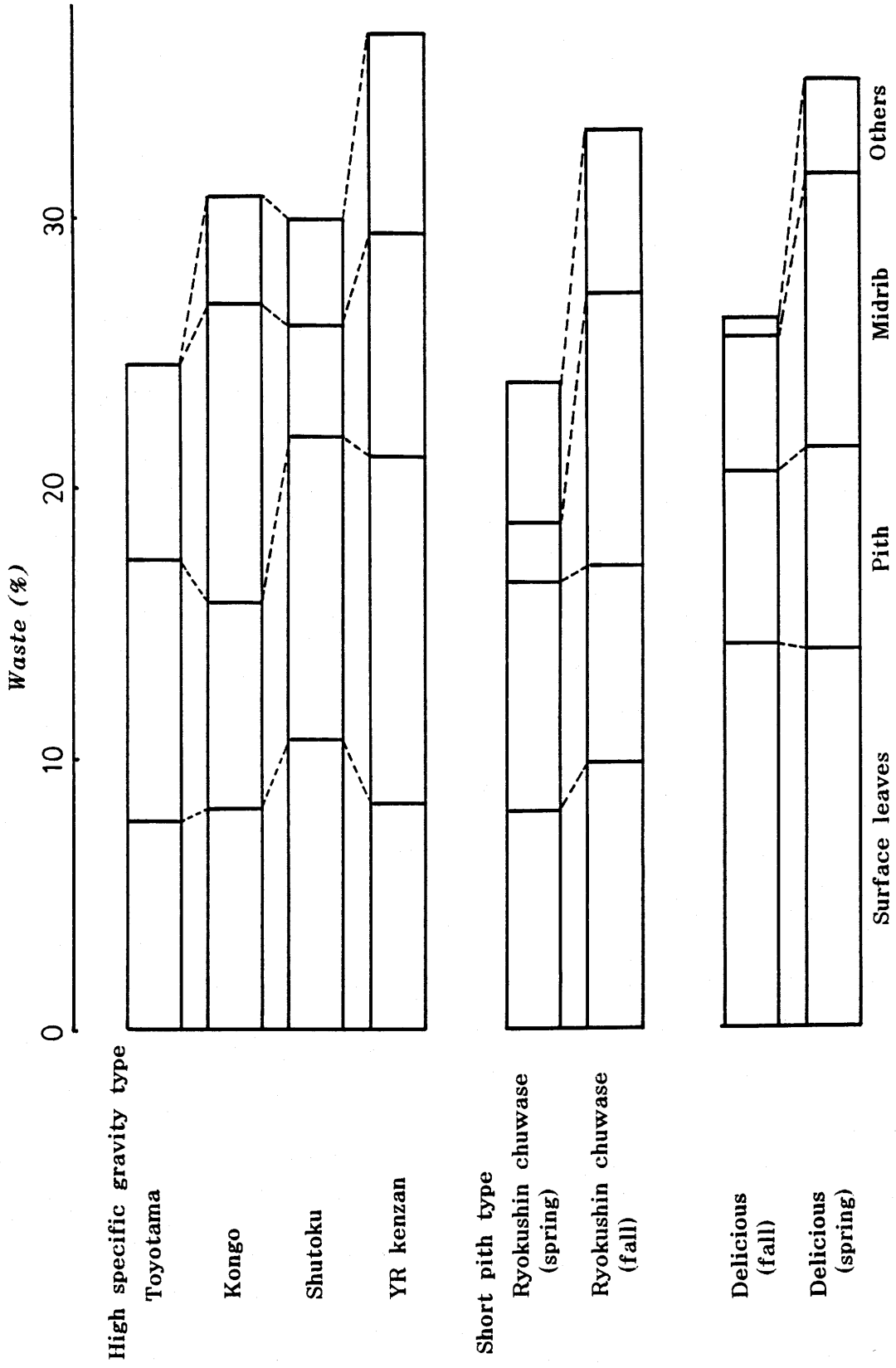


Fig. 3-4. Varietal difference in the amount of waste from the process of shredding.

Others: Small pieces of midrib and mesophyll spilt away during shredding, washing, weighing and packaging of shredded cabbage.

Table 3-1. Variations of morphological characteristics in Japanese cabbage cultivars.

Morphological characteristics	Fall crop ('82)			Spring crop ('83)		
	Mean	S.D.	CV%	Mean	S.D.	CV%
Head weight (g)	1190	362.0	30.4	1395	447.0	32.0
Specific gravity	0.60	0.08	13.3	0.61	0.08	13.1
Height/diameter	0.62	0.08	12.9	0.71	0.15	21.1
Pith length (cm)	5.88	0.82	13.9	6.58	1.11	16.9
Mesophyll thickness (mm)	0.44	0.07	16.0	0.44	0.07	15.9
Puncture resistance (I) (g)	163.6	47.6	29.1	189.6	48.3	25.5
Puncture resistance (II) (g)	1384	315.0	22.7	1093	175.7	16.1
Midrib size (g)	-	-	-	12.9	2.92	22.6

Table 3-2. Morphological characteristics of cultivars selected for processing yield survey.

Type ^z	Cultivar	Head wt. (g)	Specific gravity	Pith longevity (cm)	Midrib size (g)	Feature
I	Toyotama	1292	0.71 ^y	6.0	8.5	High specific gravity
	Kongo	1330	0.66	7.2	13.9	
	Shutoku	1136	0.65	6.1	11.6	
II	Shinkashu	1744	0.55	3.8	13.0	Short pith
	Ryokushin chuwase	1570	0.63	5.0	13.0	
	Delicious	1281	0.63	4.6	10.6	
III	Shuki	1062	0.53	5.0	9.2	Small midrib
	Natsumine	885	0.53	6.9	8.9	
IV	Kinkei 201	1040	0.55	5.8	12.1	Nothing
	Akiwase	1105	0.56	6.2	10.2	
	Akimaki chuwase	1140	0.55	5.5	11.3	
V	Ball head	860	0.50	7.3	10.3	Low specific gravity
	Orora	1011	0.50	6.5	13.5	
VI	Koshinohikari	1880	0.58	7.9	15.4	Long pith
	YR kenzan	1280	0.73	8.1	10.3	

z: Cultivars were classified into 6 groups according to morphological characteristics of head.

y: Figures in boxes are indicative of the special feature of each group.

Table 3-3. Promising cultivars for high processing yield.

Cultivars	Head wt. (g)	Specific gravity	Pith length (cm)	Midrib size (g)
Delicious	1281	0.63	4.6	10.6
Shikidori	1320	0.60	6.8	10.8
Aska sankidori	1305	0.60	6.0	11.0
Ryokushin chuwase	1570	0.63	5.0	13.1
Uji 1	1760	0.62	6.2	15.0
Ozora	1400	0.66	6.8	12.0
Shinkashu	1744	0.55	3.8	13.0
Toyotama	1292	0.71	6.0	8.5
Masago sanki	1772	0.76	6.5	12.5
Masago A go	1695	0.72	6.3	11.3
Kandori 1 go	1620	0.62	6.7	12.2
Yayoi	1420	0.67	6.5	12.1
YR hamayura	1593	0.66	5.9	13.0
Banchuriso	1628	0.66	6.0	12.9
YR kinshu	1535	0.62	7.0	13.9
Tested all cultivars	720~1880	0.47~0.76	3.8~9.0	8.7~17.5

第4章 カットキャベツの品質劣化機構（褐変）の解明とその防止技術の開発

カットキャベツの場合、褐変、異臭、萎凋、微生物汚染、化学成分の減耗などが輸送、保存、販売中に生じる（河野ら、1984、太田ら、1987、品川ら、1986）。このような品質劣化の速さは、組織に損傷を受けているカット野菜の宿命であり、製造技術（洗浄、殺菌）や輸送、保存技術（低温やフィルム包装）の改善でその防止が図られている。品質劣化の防止にはまた、適切な原料キャベツを用いることも大切で、カット野菜工場では品質劣化の速い遅採りキャベツは避ける、土ほこりによる微生物混入を避けるため黒ボク土壌産のキャベツは避ける（いずれも工場での聞き取りによる）などの工夫が行われている。

褐変はカットキャベツの主要劣化要因で、現在は包装内の酸素濃度を下げることで抑制されている（椎名ら、1987）。しかし、酸素濃度が低下しすぎると異臭が発生するので、その調節が難しい。もし、褐変しにくい品種があり、それを原料とするなら、褐変や異臭の防止は極めて容易になる。

本章ではこのような観点から褐変しにくい品種を探しだし、褐変しにくい理由を解明した後、その品種を用いる品質劣化防止技術を開発しようとした。

第1節 褐変しにくい品種の検索

I 目的

傷害を受けた青果物の褐変には、その程度にかなりの品種間差が有ることは多くの青果物で知られている（中林ら、1963、Komiyamaら、1980、Vitoら、1984、Costengら、1987、Taira、1987）。キャベツにはいろいろな品種や系統があることから考えると、カット後の褐変が少ない品種を見つけることができるのではないかと考え、多数のキャベツを栽培し、カット後の褐変程度を調べた。

II 材料及び方法

1. 材料

1982年の秋冬採りの170品種、1983年の初夏採りの99品種（以上、第2章第2・3節、第3章第1節で用いたものと同じ）、及び1983年秋冬採りから1985年の秋冬採りまでに栽培した79品種（第2章第3節）を材料として用いた。適期に収穫したキャベツ1品種5kg

をロータリーカッターのフードスライサー（大栄製作所製）で1mm幅の千切りキャベツとした。これをそのまま（1982年秋冬採り）、水洗後（1983年初夏採り）、遠心脱水し、厚さ100μのポリエチレン袋につめ、非密封の好氣的条件で5℃に保管した。

1983年の秋冬採り以降のキャベツについてはフードスライサーで1×1mmのみじん切りとした。その10gを三角フラスコに入れ、パラフィルムでふた（針穴を20個あけたもの）をし20℃に静置した。

2. 褐変程度の判定

1) 目視による判定

褐変程度を、観察によって①カット時から変化なし、②褐変はわずかに認められるが商品性に影響しない程度の軽度の褐変、③著しい褐変の3段階に判定した。

2) 色差計による評価

河野ら（1984）の方法に準じ、大量の点数を迅速に測定できるよう一部を改変した。その概要をFig. 4-1にまとめて示した。エタノールでクロロフィルを除去、乾燥した粉末試料の褐変程度はカット直後の試料に対するハンター色差計による色差 ΔE （L a b）を次式で算出した。

$$\Delta E(L a b) = (L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2 \dots\dots\dots (1)$$

III 結果及び考察

1. 褐変程度の品種間差（目視による予備調査）

褐変しにくい品種を探す目的で、秋冬採り170品種、初夏採り99品種についてカット後の褐変程度を調べた。方法の項に示した好氣的な、褐変しやすい保管条件のもとで、秋冬採りの場合、速い品種は3日後に、遅い品種は6日後に褐変が認められた。

初夏採りでは褐変の発生を遅らせるため、カットキャベツを洗浄、脱水後貯蔵した。この条件では速い品種は4日目から褐変が始まり、7日目には大部分が褐変した。秋冬採り4日目、初夏採り5日目に調査した褐変程度別割合をFig. 4-2に示した。この図からわかるように、褐変しやすさには著しい品種間差があり、褐変しにくい品種が秋冬採りで15品種、初夏採り33品種認められた。このうち秋冬採り6日目、初夏採り7日目でもほとんど褐変しなかったのが次の8品種‘四季種’、‘銀力’、‘グリーンボール’、‘CM’、‘オーロラ1号’、‘秋蒔中早生2号’、‘金春’、‘緑新中早生’であった。

2. 褐変程度の評価方法

目視による調査で明らかな品種間差が認められたので、この差異を計測値で評価するため、次に褐変程度を数値化する方法について検討した。褐変程度の測定方法としては褐変部位を直接測定する方法（名和ら、1987b、Sapersら、1987）、汁液の吸光度で測定する方法（小宮山ら、1979、Vitoら、1984）、アルコール不溶物を調製し、色差計で測定する方法（河野ら、1984）が報告されている。ここではカットキャベツに使いやすいように河野らの方法を改変して、その有効性を調べた。

Fig. 4-3に褐変試料と未褐変試料を種々の割合に混ぜて作成した褐変程度の異なる試料について測色した結果を示した。未褐変試料と比較にするとa値の変化はなかったがLは減少、bは増加した。未褐変試料に対するハンター色差（ $\Delta E(L a b)$ ）は褐変試料の混入割合（褐変の多少）との相関が高いことが確認された。

次に、カット後の褐変の進行とハンター色差の変化の対応関係を調べた（Fig. 4-4）。L値は切断後25時間まで減少し、いったん減少が止まった後再度減少した。a値は切断15時間までわずかに減少したが、その後の変化はなかった。b値は20時間までは増加したがその後の変化はなかった。カット直後の試料に対するハンター色差は ΔL の変化と類似しており、25時間後まで急激に上昇し、途中やや緩やかな上昇を経て、再度急激な上昇となった。切断後の褐変（観察による評価）は最初に8時間程度の1 a gが認められるものの、その後は中断せずに進行することから、ハンター色差 $\Delta E(L a b)$ の増加は褐変の進行とほぼ対応していると考えられた。

次に、品種間の褐変程度の差がハンター色差で表わすことができるかどうかを、カット後25時間静置して褐変させた試料で調べた（Fig. 4-5）。観察では‘新夏秋’の褐変が最も顕著で、次いで‘緑春’であり、以下 Fig. 4-5に示した順に褐変が少なくなり、‘銀力’は全く褐変は認められなかった。褐変の3段階評価では‘新夏秋’から‘YR夏晴’まで6品種が強い褐変‘秋蒔中早生2号’など3品種が弱い褐変、‘銀力’が褐変なしと判定された。L値、a値、b値と褐変程度との関係をみると、L値は褐変の程度はほぼ対応したものの、a値は全く対応しなかった。b値は褐変の強かった‘ケルン’の変化が少ないなど、一部の品種に逆転が見られるものの、褐変が強い品種ほど大きくなった。このようなL、a、bの変化は品種によって褐変の色の質がわずかず異なることを示していると考えられた。ハンター色差（ $\Delta E(L a b)$ ）と褐変程度を比較してみると、観察によ

る評価では‘YR夏晴’、から‘ケルン’までの4品種では褐変程度に差が認められるものの ΔE (L a b)にはほとんど差がなかった。しかし、10品種全体としてみると、 ΔE (L a b)は褐変の強弱とよく対応していた。したがって、 ΔE (L a b)は品種間のやや色調の異なる褐変についても、その強弱を表わすことができると判断した。10品種の褐変の強弱の関係から、 ΔE (L a b) ≥ 10 が強い褐変、 $10 > \Delta E > 5$ が弱い褐変、 $\Delta E < 5$ が褐変なしと判定できると考えられた。

なお、Fig. 4-6に示したように同じ褐変程度でもカットが細かくなればなるほど ΔE (L a b)は大きくなるので、 ΔE で褐変を比較する時にはカット条件を同じにする必要があるのは言うまでもない。

3. 褐変程度と品種群との関係

2の結果から褐変程度を定量的に表示することが可能となったので、1.で認められた褐変しにくい品種8品種を中心に、第2章第3節に示した品種群のすべてにわたる29品種を選び、2と同様の褐変条件、測色方法で褐変程度を調べた。結果はTable 4-1に品種群別に示した。調査した29品種には褐変程度に著しい差があり、最も褐変しやすかった品種で ΔE (L a b)が16.4、最もしにくかった品種で2.7であった。2.で明らかになった ΔE と褐変程度との関係を利用すると褐変なし($\Delta E < 5$)が2品種、わずかな褐変 $10 > \Delta E > 5$ が9品種、著しい褐変 $\Delta E > 10$ が18品種であった。1.の目視調査で褐変しにくい品種として選びだした8品種はいずれも ΔE が10以下と小さい傾向はあったものの、切断後20℃に24時間静置の、褐変しやすい条件下での調査であったため、全く褐変しなかったのは‘銀力’、‘四季稔’の2品種に過ぎなかった。品種群との関係では、コペンハーゲンマーケット系、秋蒔極早生系に、‘銀力’のような褐変が著しく少ない品種はないものの、 ΔE の小さい品種が多かった。コペンハーゲンマーケットではボール系のもの、秋蒔極早生では典型的な極早生種ではなく、中早生種が褐変しにくいようであった。その他の品種群では褐変しにくい品種はあったものの、概して褐変しやすい品種が多かった。著しく褐変しにくかった‘銀力’と‘四季稔’の属する‘サクセッション’あるいは‘寒玉’の系統には類似の品種は全く無く、この両品種の褐変しにくさを品種群の面から説明することはできなかった。

褐変が栽培時期によって異なるかどうかをみるために、5品種については初夏採り・秋冬採りの両方について ΔE (L a b)を調べた。‘銀力’、‘四季稔’については初夏採

りに比較して、秋冬採りでやや ΔE が高くなったものの、褐変しにくい性質は保持していた。他の3品種は2作型ともほとんど同じに ΔE (L a b)を示した。したがって、褐変しにくさ、しやすさという性質は、季節を越えて保持される性質のように思われた。

4. 褐変程度と生育ステージとの関係

褐変と球の生育ステージとの関係を調べた結果をFig. 4-7に示した。この関係は品種によって大きく異なった。‘夏峰’は早採りでは ΔE (L a b)が小さく、結球のステージが進む従ってこの値は上昇した(褐変しやすくなった)。‘銀力’もほぼ同様の傾向であったが、遅採りでも ΔE (L a b)は6程度で軽度の褐変にとどまっていた。これに対して褐変しやすい品種である‘トップ’は早採りの段階からすでに ΔE (L a b)は10以上で褐変しやすい性質を示した。

次に、葉位と褐変程度との関係を調べた結果をFig. 4-8に示した。褐変しにくい品種‘銀力’では結球外部ほどその性質が顕著で、内部では ΔE (L a b)がやや高くなった。これに対して褐変しやすい品種では部位と無関係に、すべて高い ΔE (L a b)の値を示した。

以上の結果から、褐変しやすい特性を生かすには、褐変しにくい外側の表面に近い葉の割合が多くなるようやや早採り気味に収穫する方が良いと判断した。

IV 摘 要

我が国のキャベツ品種の中からカット後に褐変しにくい品種を探し出すことを目的として、品種間差の目視による予備調査、褐変の評価方法、褐変程度と品種群及び生育ステージや葉位との関係を検討し、次の結果を得た。

1) 秋冬採り(170品種)、初夏採り(99品種)のカット後の褐変程度を調査し、褐変発生の遅速・褐変程度には著しい品種間差があることを確認した。供試品種の中から褐変しにくい品種として、‘銀力’、‘四季穫’、‘グリーンボール’、‘CM’、‘オーロラ1号’、‘緑新中早生’、秋蒔中早生2号’、‘金春’を目視による評価で選び出した。

2) 褐変程度は、エタノールでクロロフィルを除いたアルコール不溶物について、褐変試料と未褐変試料間でのハンター色差で計測できた。みじん切りの試料の場合、観察による評価との対比から、ハンター色差と褐変程度には ΔE (L a b) ≥ 10 :強い褐変; $10 > \Delta$

$E(Lab) > 5$: 軽度の褐変 ; $\Delta E < 5$: 褐変はほとんど認められない ; の関係があった。

3) ハンター色差で調査した褐変程度の品種間差は大きく、 $\Delta E(Lab) < 5$ が2品種、 $10 > \Delta E(Lab) > 5$ が9品種、 $\Delta E(Lab) > 10$ が18品種であった。品種群との関係では軽度の褐変 ($\Delta E(Lab) < 10$) はコペンハーゲンマーケット群と秋蒔極早生の中早生系に多い傾向があった以外には一定の傾向はなかった。

4) 褐変しにくい品種では、表面に近い葉ほど、また早採りほど褐変が少ない傾向が認められた。

第2節 褐変程度の品種間差異の解明

I 目的

カットキャベツの褐変程度には明らかな品種間差異があることが明らかになったので、次の段階としてこの品種間差異の生ずる原因を解明しようとした。野菜・果実の褐変については、モモ(中林ら、1963)、レタス(Hyodoら、1978)、スモモ(Komiyamaら、1980)、ナス(阿部ら、1980)、ホブ(Vitoら、1984)、カキ(Tairaら、1987)、リンゴ(Costengら、1987)などでの研究例があり、いずれも褐変の多少はポリフェノール含量の多少やポリフェノールオキシダーゼ活性あるいはその阻害剤の多少で説明されている。キャベツも同様にポリフェノール類のポリフェノールオキシダーゼによる酸化の系(中林、1977、Mayerら、1979)で褐変が生じていると推定し、その観点から褐変程度の品種間差の検討を行った。

II 材料及び方法

1. 褐変試験の実験系

供試材料には野菜試験場圃場で栽培した品種のうちから、'銀力'、'新夏秋'、'秋暉'、'トップ'など10数品種を適期に収穫して用いた。なお、実験に使用するまで1℃の貯蔵庫に保管し、必要に応じて適宜取り出して実験に供した。

フードスライサーでみじん切りとしたキャベツ10gを容量144mlの三角フラスコに入れ、パラフィルムでフタをして、20℃暗所に静置した。フタには20個程度の穴をあけた。エチレン測定用の試料にはダブルゴム栓でフタをし、エチレン測定後(最大6時間)に、パラフ

イルムのフタに交換した。

2. 褐変等に及ぼす各種化合物の影響

カットキャベツの褐変などに対する各種化合物の影響をみる実験では、カットキャベツ 10g に対し、所定濃度に調製した溶液 0.5ml を三角フラスコに加え、よく混合した後、真空浸透処理を行い、1. と同様の条件に静置した。

3. 褐変程度の測定

褐変程度の測定は前節と同様の方法によった。

4. エチレンの定量

ダブルゴム栓で密封した三角フラスコから注射器で 1 ml のガスを採取し、ガスクロマトグラフィー（カラム：活性アルミナの 3 mm ϕ \times 1.5 m；検出器：FID；カラム温度：50 $^{\circ}$ C 定温）によって行い、キャベツ 1 g、1 時間当たりの放出量で表示した。

5. 呼吸量

生成した炭酸ガスをガスクロマトグラフィー（カラム：WG-100の 3 mm ϕ \times 1.5 m；検出器：TCD；カラム温度、50 $^{\circ}$ C 定温）によって測定し、キャベツ 1 g、1 時間当たりの放出量で表示した。

6. カットキャベツ体内成分の測定

アリルイソチオシアネート (AITC) は第 1 章第 3 節の方法に準じて測定した。

1-アミノシクロプロパン-1-カルボン酸 (ACC) はカットキャベツから氷冷した 80% エタノールで抽出し、エタノールを減圧留去後、Lizada & Yang (1979) の方法に準じ、発生するエチレンとしてガスクロマトグラフィー（4. に同じ）で測定した。

全ポリフェノールは 80% エタノールで抽出 (60 $^{\circ}$ C) し、抽出液の 1 部を 2% Na_2CO_3 と混合後、2 倍希釈したフェノール試薬 (和光純薬) を加えて発色させ、クロロゲン酸を標準物質として定量した。

エチレン生成酵素 (EFE) は 2. の実験系を用い、5 mg / 0.5 ml の ACC を添加し、生成したエチレンをガスクロマトグラフィーで測定し、キャベツ 1 g \cdot 1 時間当たりのエチレン生成量で表示した。

ポリフェノールオキシダーゼは塩田ら (1969) の方法に準じた。すなわち 10 g のカットキャベツを 0.05 M、PH 7 のリン酸緩衝液 (1 mM の EDTA を含む) 30 ml 中で破碎し、18,000 g で遠心分離した上澄を粗酵素とした。酵素活性は基質として 2×10^{-3} M のフロログルシノールを用い、30 $^{\circ}$ C、328 mm における吸光度の上昇で測定し、粗酵素 1 ml 当たり \cdot 分当た

りで表示した。

Ⅲ 結果及び考察

1. 褐変の進行状況

褐変の進行状況を褐変しやすい品種、しにくい品種について比較した (Fig. 4-9)。褐変しやすい‘新夏秋’の場合、L値の減少は15時間頃に始めて明瞭になり、24~30時間後の一時休止を経て、その後更に減少した。これに対して褐変の遅い‘銀力’は15時間後の減少もわずかで、24時間後から徐々に減少した。b値は‘新夏秋’が20時間後まで徐々に増加してその後の増加が止まったのに対し、‘銀力’は最初から上昇はわずかで最後まで少しずつ上昇した。カット直後の試料に対するハンター色差 ΔE (L a b)はL値の変化と類似していた。カット後、一直線に増加するのではなく、カット直後には8~10時間のlag期があり、その後20時間まで急上昇する時期、24~35時間の休止期、その後の急上昇期の3段階で褐変が進行した。この傾向は褐変の遅い‘銀力’の方が明瞭で褐変が著しい‘新夏秋’はやや不明瞭であった。

以上の結果から、カットキャベツの褐変しやすさ、しにくさには本質的な違いではなく、褐変に関係のある一連の生化学的な事象に遅速があるため生じているように思われた。また、他の青果物、例えばスモモ (小宮山、1979)、オリーブ (Vito、1984)の褐変と比較すると、これらの果実では数分で始まり数十分で終了するのに対し、キャベツでは褐変の速い‘新夏秋’ですら、本格的な褐変は10数時間を経てからであることは、キャベツの褐変の著しい特徴となっている。したがって、褐変機作の解明に当たってはこの特徴を十分考慮する必要があると思われた。

2. カット後のポリフェノール (PP) 含量、ポリフェノールオキシダーゼ (PPO) 活性の変化

Iで述べたように青果物の褐変の多少は傷害を受けた時のPP含量、PPO活性の多少で説明できるとされている。しかし、キャベツの場合は次の2つの理由から、この説そのままでは説明できないように思われる。1点目は上述したようにカット直後ではなく10数時間を経て、褐変が本格化することである。もし、カット時に存在するPP、PPOが褐変に関与するなら、他の果実と同様カット直後に褐変が始まる筈である。2点目は筆者が選んで提供した褐変程度の異なる供試品種を用いた実験で、カット時のPPの含量、PP

○活性は褐変の多少と無関係とのデータが得られていること (名和ら, 1987b)である。

以上の背景から、PP含量、PPO活性についてカット時だけではなく、カット後の変化を調べてみることにした。褐変しやすい‘新夏秋’としにくい‘銀力’について調べた結果をFig. 4-10, -11に示した。PPはカット後10時間位までは変化が認められなかったが、その後増加した。その増加は‘新夏秋’が多く、‘銀力’が少なかった。また、PP含量の増加期は褐変が始まる時期と一致していた。一方、PPO活性の変化はPPとほぼ一致しており、褐変しやすい‘新夏秋’の活性が高くなった。このように褐変の激しい品種の方がカット後のPP含量、PPO活性の増加が大きい傾向がうかがわれた。同様の傾向は名和ら (1987b)によっても認められている。したがって、カットキャベツの褐変にはカット時ではなく、その後に増加するPP、PPOが関与するものと判断した。また、太田ら (1987)によると、カットレタスの褐変の時期とPP含量の増加期は一致していることから、レタスもキャベツと同様の傾向にあると思われる。

3. 褐変とエチレン生成の関係

前項の結果から、褐変しにくさ、しやすさはカット後に誘導・生成されるPP含量・PPO活性に支配されることが明らかになった。ところで、褐変に関与する物質・酵素はエチレンによって誘導されることが知られている (Hyodo, 1978)。そこで、ここでは褐変程度とエチレン生成量との関係を調べた。

褐変程度に著しい差のある‘銀力’、‘新夏秋’など10品種について、カット6時間後に測定したエチレン生成量と24時間後の褐変程度を比較した (Fig. 4-12)。結果は明瞭で、褐変が著しく少なかった‘銀力’、‘四季稔’はエチレン生成も少なかった。これに対して褐変しやすい他の8品種はエチレン生成も多かった。ただし褐変しやすいとした8品種の中には ΔE (L a b) が7~16までかなりの差が認められたが、この差とエチレン生成の間には相関は認められなかった。

次に、褐変・エチレン生成がともに少ない‘銀力’と両方とも多い‘秋暉’についてエチレン生成の経時的変化を調べた (Fig. 4-13)。‘秋暉’ではカット後の4時間頃から傷害によると思われるエチレンの生成が急増したのにたいし、‘銀力’はその増加がわずかであった。

以上の結果から、褐変しにくい品種は傷害エチレンの生成が少ないことが褐変の少ないことに関係があるように思われた。

4. エチレン生成量と1-アミノシクロプロパン-1-カルボン酸 (ACC) 及びエチレン生成酵素 (EFE) の関係

キャベツにはカット後のエチレン生成に著しい品種間差があることが明らかになったので、次にエチレン生成量に差が生じる原因について調べた。エチレンはその前駆体であるACCの蓄積量とEFE活性の量で生成量の調節が行われている(Yang, 1984)。そこで、エチレン生成量の多い品種と少ない品種を使って、ACC含量とEFE活性の経時変化を調べた (Fig. 4-14, -15)。

ACCはカット直後から著しく増加した。この増加はキャベツ (永田ら, 1989) にも認められている切断傷害によるACC合成酵素の誘導の結果と思われる。ACC蓄積量は供試した2品種のうち、エチレン生成量の多い‘トップ’の方が多く、エチレン生成の少ない‘銀力’の方が少なかった。しかし、その差はそれほど顕著ではなく、このACC含量のみがエチレン生成量を支配していることは考えにくかった。

次に、エチレン生成酵素の活性を調べた。この酵素は活性を保持したままの抽出は今のところ成功した例は報告されていないので、カットキャベツに十分量のACCを添加した系でのエチレン生成量で測定した。この活性はACC含量と同様、傷害によって誘導される (Yuliu, 1985, 永田, 1989) ので切断後の時間の経過とともに増加した。2品種について比較すると、エチレン生成量の多い‘トップ’の活性の方が圧倒的に多く‘銀力’の活性は少なかった。

以上のように、エチレン生成に大差のある2品種の間にはACC含量よりもEFE活性に大差があり、カットキャベツのエチレン生成の差異は主としてEFE活性の差すなわち傷害による同酵素の誘導の多少により生じているように思われた。

5. 傷害エチレンの生成阻害物質の検索

‘銀力’では明らかにエチレン生成が少ないことが確認され、そのすくない原因は主にエチレン生成酵素の誘導される量が少ないことによると推測された。したがって、‘銀力’の中には、この酵素の誘導を阻害するような成分が含まれていることが推測される。そこで、次にその物質を探そうとした。

ところで、褐変の研究と全く同時にカットキャベツの品質成分の測定 (第2章第3節) も行っていたため、‘銀力’のアリルイソチオシアネート (AITC) 含量が例外的に多

いことに気付いていた。そこで、このA I T Cとエチレン生成量との関係をFig. 4-12と同じ10品種について調査してみた(Fig. 4-16)。この結果によると、例外的にA I T C含量の多い‘銀力’、‘四季穫’がエチレン生成も例外的に少なかった。他の8品種ではA I T C含量がもつとも多いもので1.18mg/100g生重で、‘銀力’のほぼ1/3と少なく、A I T C含量の多いグループと少ないグループはエチレン生成の多いグループ、少ないグループと完全に一致した。このように、A I T Cの多少がカットキャベツの傷害エチレンの多少に関与するように思われたので、次に外部から種々の濃度のA I T Cを与えて、エチレン生成がどう変化するかを調べた(Fig. 4-17)。なお、同時に褐変や呼吸への影響も調べた。この結果によると、カットキャベツ100gあたり2 mg以上のA I T Cの添加でエチレン生成が顕著に阻害された。また同時に褐変、呼吸も阻害されることも確認できた。この添加量2 mgという値は、Fig. 4-16でみるとA I T C含量が多くてエチレン生成量の少ない品種とA I T C含量が少なくエチレン生成量の多い品種のほぼ中間の濃度に位置しており、興味深い結果である。

次に、このA I T Cの構造のどの部分がエチレン生成と褐変を阻害しているかを知るため、類縁化合物をカットキャベツに添加して、その作用性を調べた(Table 4-2)。その結果、アリルのほか、エチル、ブチル、フェニル、シクロヘキシルのそれぞれイソチオシアネートがいずれもエチレン生成、呼吸を阻害することが確認された。また、褐変についてもシクロヘキシルを除く他のイソチオシアネートはアリルと同様抑制することが確認された。シクロヘキシルが抑制しなかったのはおそらく、難溶性のため阻害部位への到達が少なかったためと考えられる。従ってエチレン生成、褐変、呼吸に対する阻害作用はイソチオシアネート類に共通する性質と判断された。

これに対してシアナイド、チオウレア、チオシアン酸、イソシアネートにはこれらの作用性は認められなかった。なお、A I T Cの生体内における前駆体であるシニグリンはエチレン生成にわずかな阻害作用を示した。

以上の結果から、アリルイソチオシアネートのこのような生理作用はアリル基によるのではなくイソチオシアネート基によることが解明された。Patilら(1974)は未成熟パパイヤを材料としてベンジルイソチオシアネートがエチレンの生成を阻害することを報告している。したがって、イソチオシアネートによるエチレン生成阻害はキャベツだけではなく植物全体に共通する現象のように思われる。イソチオシアネート類は本実験で確認されたような生理作用のほか、還元作用(小嶋、1982)や抗菌作用(太田ら、1982)を持つ

ことが知られている。このイソチオシアネート類がどのような作用機構でエチレン生成を阻害するかは興味深い問題である。近年、外から与えたA I T CはA C C合成酵素とE F Eの誘導を阻害し、Fig. 4-14、-15に示したA I T C含量の多い‘銀力’と同様のメカニズムでエチレン生成を抑制することが永田ら（1989）によって明らかにされている。

6. エチレンによるキャベツの褐変促進

1～5の結果から褐変しにくい品種はA I T Cが傷害エチレンの生成を阻害し、エチレン生成が少ないため、通常エチレンによって誘導されるP Pの増加、蓄積（Sarkarら、1974、Hyodo、1978）が少ないことが褐変を抑制していると考えられる。その仮説を確認するため、褐変しにくいカットキャベツに外部からエチレン、エチレン生成経路の前駆物質であるメチオニン、A C C、体内で加水分解されてエチレンを生成するエスレルを与え、褐変への影響を調べた（Table 4-3）。その結果、エチレンとA C Cではわずかに褐変の促進が認められたものの、メチオニンはエチレン生成を促進せず、したがって褐変の促進は認められなかった。最も褐変を促進したのはエスレルで ΔE （L a b）は約2倍となって褐変しやすい品種と同等となった。このように種々の手段でエチレンを与えた場合、エスレルを除けば、予想どおりの褐変促進効果をもたらさなかった。このことはA I T Cがエチレン生成のみを抑えているのではなく、その作用、例えば各種の酵素の誘導をも抑制しているためと考えられた。

研究の初期の段階（矢野、1986）では、A I T Cの還元作用に着目し、褐変の初発反応であるP PのP P Oによる酸化を抑制するのではと推測したが、生体内レベルの数mg/100g生重の程度ではP P O活性の抑制は認められず（矢野、未発表、永田、1989）、この可能性は否定された。

IV 摘 要

カット後のキャベツに褐変程度の品種間差が生じる原因について解明を試み、次の結果を得た。

1) カットキャベツの褐変は8～10時間のlag期を経た後、始まり、褐変しやすい‘新夏秋’ではL値の減少、b値の増加、ハンター色差 ΔE （L a b）の増加が速やかであった。褐変しにくい‘銀力’はこれらのハンター表色値の変化は遅かった。

2) 褐変しやすい品種である‘新夏秋’では褐変しにくい品種‘銀力’に比較し、カット

後のポリフェノール含量、ポリフェノールオキシダーゼの活性の増加は速やかであった。

3) 褐変しにくい品種は褐変しやすい品種に比較し、カット後のエチレン生成が少ない傾向が認められた。

4) エチレン生成の少ない品種‘銀力’は多い品種‘トップ’に比較し、エチレン生成の前駆体(1-アミノシクロプロパン-1-カルボン酸: ACC)のカット後の増加量はやや少なく、エチレン生成酵素活性は著しく低かった。

5) エチレン生成の少ない品種はアリルイソチオシアネート(AITC)含量が多く、また外部から与えたAITCはエチレン生成のほか、褐変・呼吸も抑制した。外部から与えたAITC類縁化合物のうち、イソチオシアネート基を持つ化合物はAITCと同様の作用を示した。

6) 外部から与えたエチレン・エチレン生成の前駆体(ACC、エスレル)は褐変しにくい品種の褐変をわずかに促進したにすぎなかった。

第3節 褐変しにくい品種を用いるカットキャベツの品質保持法

I 目的

第1節・第2節の結果から、カット後の褐変を生じにくい品種があること、そしてその褐変のしにくさには、ある程度生化学的な説明をつけられることが明らかになった。そこで、この褐変しにくい性質を活かせるような品質保持の方法について検討した。

カット野菜は、通常プラスチックフィルムに包装されて輸送や保管が行われている。保管中の品質劣化としては、密封状態では異臭が、非密封では褐変がそれぞれ生じ、商品性を損なうとされている(太田、1988)。そこで褐変しにくい品種に適したプラスチックフィルムの包装条件を探しだし、カットキャベツの品質保持期間の延長を目指した。

II 材料及び方法

1. 材料

野菜試験場圃場で栽培した‘銀力’、‘緑新中早生’、‘夏峰’、‘秋暉’を適期に収穫し、1℃の貯蔵庫に入れ、必要に応じて取り出して使用した。

2. カットキャベツの包装条件

フードスライサーで1mm幅の千切りキャベツを調製し、遠心脱水機で軽く脱水した後、20×20cm角の低密度ポリエチレン袋（以下PE袋と略、厚さは30・50・90 μ m）に150gずつ詰め、余分な空気を除いた後、ヒートシールした。30 μ の場合には一部の袋に0.5mm径の針穴1個を貯蔵3日後にあけた有孔PE袋区も設定した。貯蔵は5 $^{\circ}$ Cで暗所に静置した。

3. 品質劣化及び包装内ガス組成の調査

貯蔵中における萎凋、腐敗はほとんど無かったので、品質劣化は褐変と異臭のみについて調査した。褐変の評価は観察による評価（-：褐変なし；+：軽度の褐変；++：強度の褐変）と第5章第1節に示したハンター色差計を用いての ΔE （Lab）による評価を併用した。異臭の発生も同様に官能評価（-：異臭なし；+：軽度の異臭；++強度の異臭）と試料中のエタノール含量の測定による方法との2つの方法で判定した。エタノールはHollingworth(1983)らの方法に準じて測定した。すなわち、キャベツの磨砕液に食塩を飽和して得られるヘッドスペースガスをガスクロマトグラフ（第1章第3節のアリルイソチオネートの場合と同じ測定条件）で測定した。

ポリエチレン袋内のガスは注射器で採取し、ガスクロマトグラフ（前節の炭酸ガス測定と同様の条件）で炭酸ガス、酸素の測定を行った。

III 結果及び考察

1. カットキャベツの包装条件と品質劣化

‘夏峰’（カット後の褐変程度についてはほぼ平均的な性質を示す）をカット後PE袋につめて貯蔵した際の炭酸ガス・酸素濃度及び品質劣化の程度を調べた。Fig. 4-18には貯蔵中の酸素濃度、炭酸ガス濃度の変化を示している。貯蔵開始と同時に酸素が減少し、炭酸ガスが増加した。3日後にはほぼ平衡状態（呼吸で放出される炭酸ガス量とフィルムを通過して袋外に出る炭酸ガス量、及び呼吸で消費される酸素量とフィルムを通過して袋外から供給される酸素量、椎名ら、1988）に達した。その平衡状態の酸素濃度、炭酸ガス濃度はPEフィルムの厚さに依存し、フィルムが厚いほど酸素濃度は低く、炭酸ガス濃度は高くなった。

この3種類のPE袋と有孔袋に貯蔵したカットキャベツの品質劣化状態をTable 4-5、に示した。密封貯蔵では酸素濃度が減少して欠乏状態となり、嫌気呼吸によって試料は悪臭を放ち、エタノールの生成が認められた。この傾向はPE袋が厚いほど顕著であった。

一方、有孔PE袋では炭酸ガスの蓄積は認められるものの、酸素の減少はわずかで、嫌気呼吸の始まる限界の2~3% (河野, 1984) までは下がらず、異臭、エタノールの生成は認められなかった。反面、この包装条件では切断面の褐変が認められた。

この実験における品質保持期間はPE密封では5日(50、90 μ)または、7日(30 μ)で商品性消失の原因は異臭、有孔PEでは5日で原因は褐変であった。大部分の品種はこの試験で供試した‘夏峰’同様の結果となることが予想される。すなわち、密封すれば異臭で商品性を失うことになり褐変がその原因になることはない。したがって、褐変しにくい特性を活かすためには、密封条件よりも非密封条件が必要と考えられた。

2. 有孔PE包装貯蔵における品質劣化の品種間差

褐変しやすさの異なる3段階の品種‘銀力’、‘緑新中早生’、‘秋暉’を用い、30 μ 有孔PE袋で貯蔵試験を行った(Table 4-6)。なお30 μ PE密封包装を対照として使用した。有孔PE袋で褐変が認められたのは、‘秋暉’で5日、‘緑新中早生’で7日、‘銀力’で15日であった。異臭はどの品種にも認められなかったので、品質保持期間は褐変の発生時期から判断し、‘秋暉’で5日、‘緑新中早生’で7日、‘銀力’で10日と第1節のTable 4-1に示した褐変しやすさの順がそのまま品質保持期間の長短となった。一方、密封貯蔵では、異臭の発生時期には品種間差はほとんど無く品質保持期間は5日であった。

褐変しにくい品種である‘銀力’の有効PE袋貯蔵では品質保持期間が10日と、現在のカットキャベツの流通形態である40~50 μ PE袋脱気包装(Table 4-5の‘夏峰’の50 μ PE袋包装がこの条件に近い)の平均的な品質保持期間5日(河野ら, 1984、菅原ら, 1987b、)と比較すると2倍であった。カット野菜の流通、貯蔵は褐変を恐れて密封貯蔵されることが多いが、このように褐変しにくい品種を用い、有孔PE袋に貯蔵すれば異臭・褐変の両方を心配することなく現状よりはるかに長期間品質保持できることが明らかになった。また密封貯蔵ではピンホールによって貯蔵中に非密封となってしまうことが少ない(カット野菜工場での聞き取りによる)。さらに、最近の消費者向けの販売では非密封で販売されることが多い。このようなケースには褐変しにくい品種を用いることが品質劣化防止に最も有効と思われる。

また、本研究では褐変しにくい品種として‘銀力’のみを強調している傾向があるが、Table 4-6に示しているように、‘緑新中早生’も品質保持期間7日と上述の現行の平均的な流通条件での5日という限界を、有孔PE袋で上回ることに成功している。この第3

節では紹介していないが、第1節の調査(Table 13)で $\Delta E(Lab) < 10$ の条件を満たす「やや褐変しにくい品種」は、調査した限りではすべて「緑新中早生」と同程度の品質保持期間のデータが得られている。すなわち、これらの品種を用いれば、褐変を恐れて非密封にするよりも有孔PE袋での貯蔵で十分目的を達成できるものと判断している。

IV 摘要

1) カットキャベツ(「夏峰」)をポリエチレンフィルム(PE)袋密封包装で5℃、10日間貯蔵したところ、包装内の炭酸ガスは8.5%まで上昇、一方酸素は1.5%まで減少し、異臭が発生した。これに対して、有孔PE袋(針穴1個)では酸素の減少はわずかで、異臭は発生せず、褐変が認められた。

2) PE袋密封貯蔵ではカットキャベツの品質保持期間の品種間差異は認められなかった。有孔PE包装では品質保持期間はその品種の褐変しやすさによって大きく変動した。褐変しにくい品種である「銀力」を有孔PE袋包装した場合の品質保持期間は5℃10日間と有孔あるいは無孔袋包装した他のどの品種よりはるかに長かった。

第4節 総合考察

第4章ではカットキャベツの褐変を防止する新技術体系を確立する観点から研究を進めた。この研究では褐変しにくい品種を探し出し、その褐変しにくい理由を解明し、かつその褐変しにくさを活用できる品質保持法の開発を目指し、ほぼねらいどおりの成果を得た。第4節では、これらの研究結果を基に内外の研究結果も参考にしながら、品種によってカットキャベツに褐変しやすさ・しにくさの生じる機作に的を絞って考察を進める。

傷(障)害を受けた青果物が赤褐色あるいは暗褐色に褐変する現象については古くからその機作の解明が行われている。いまだ完全解明には至っていないがその反応機構については次のようにまとめることができる。①ポリフェノール(PP)類がポリフェノールオキシダーゼ(PPO)によって o -キノン類に酸化される。② o -キノンが重合し褐色の色素となる。③蛋白質に結合し、水、有機溶媒に不溶な高分子色素となる。

植物には同じ品目でありながら品種によって褐変しやすいもの、しにくいものがあることは広く知られている。キャベツもそのような品目であることが筆者の研究から明らかになった。どのようなメカニズムでそのような差が生じるかは生化学的に興味深いテーマで、今まで多くの研究が行われてきた。褐変程度の差は主に上述の①の酵素反応にその原因を

求めることが一般的で、(a)この反応の基質であるPP類の多少によって説明される例(代表例はモモ、中林ら、1963)、(b)この反応を触媒するPPO活性の多少によって説明される例(代表例はオリーブ、Vitoら、1984)、(c)この反応の阻害物質の存在によって説明される例(代表例はスモモ、Komiyaら、1980)の3つに分類される

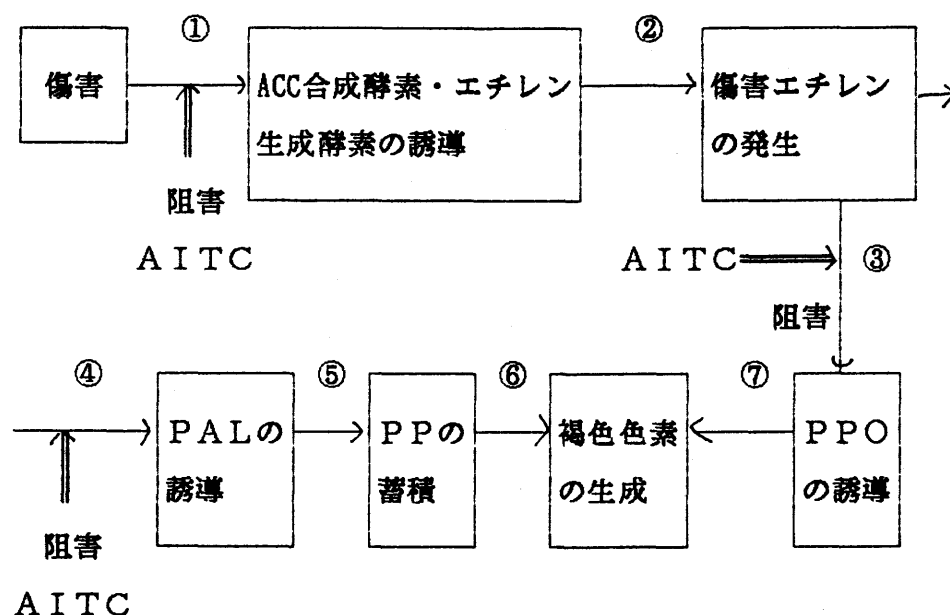
キャベツの褐変程度を論じる場合に、忘れてはならないのが、最も褐変しやすい品種でも、褐変が本格化するのはカット後10数時間後(20℃)で、傷害を受けてから数分~数十分で完了するモモ、オリーブ、スモモなどとは大きな違いがあることである。したがって、キャベツの場合も基本的には上述の(a)、(b)・(c)のいずれかが、褐変程度に差を生ずる原因となっていると考えられるが、細部はかなり異なると推測せざるを得ない。褐変が始まるのが遅い原因としては2つ考えられる。1点目はカット時のPP含量が70~100mg/100g生体重(塩田、1969、名和、1987b、矢野、Fig. 4-10)とモモ・スモモの褐変しにくい品種と同程度かそれ以下であること、2点目は褐変反応の阻害物であるアスコルビン酸(林、1986、Hsuら、1988)含量が35~50mg/100g生重(第2章第3節)程度とモモ・スモモ・オリーブなどの2~10倍含まれることである。真偽のほどを確認する手段をもたないが、両者ともそれぞれに関与していると思われる。

このような条件下(すなわち、PP含量が少なく、阻害剤であるアスコルビン酸含量が多くて、カット後10時間も経てから褐変が始まる)で生ずる褐変程度の差はカット時のPP含量、PPO活性、褐変阻害物質含量だけで生ずることはない推測したとおり、カット時の含量・活性よりは一定時間経過後に増加するPP含量・PPO活性の方が褐変程度の差をうまく説明できる。、褐変発生時とPP含量、PPO活性増加期がほぼ一致すること、カット後にアスコルビン酸が減少すること(菅原、1987b、品川ら、1986)の事実もこの説明を支持している。カット後に増加するPP含量・PPO活性によって褐変程度の多少が説明できることは名和ら(1987b)によっても確認されていることから、ほぼ正しいと考えて良い。

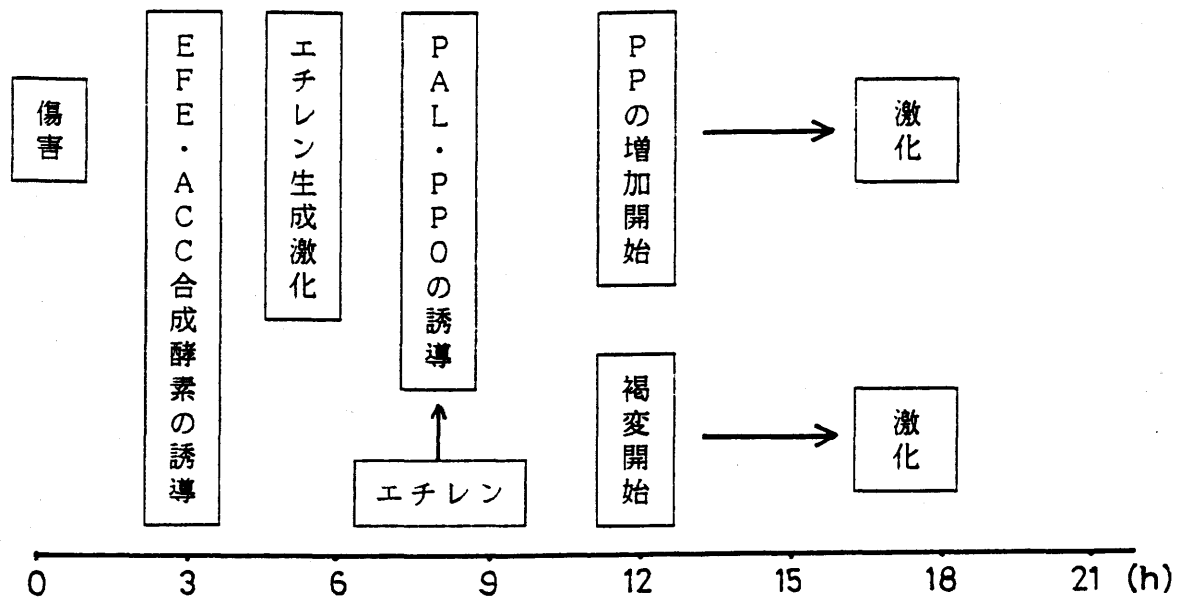
カット後の褐変の多少が生じる原因について、次に解明しなければならないのは、何故PP含量、PPO活性の増加に品種間差が生じるかである。Hyodoら(1978)は褐変関連の酵素系はエチレンによって誘導されるという知見を報告している。また、本研究ではAITC含量が多い品種がカット後のエチレン生成が少ない知見を明らかにしている。この2つの事実からAITC→傷害エチレンの生成阻害→褐変の阻害の仮説を思いつくのは容易であった。また、この仮説が大筋で正しいことは、'銀力'、'四季種'の2品種では

他の品種に比較して‘A I T C’含量が多く、エチレン生成、褐変が少ないこと、外部から、‘銀力’、‘四季稔’の含量に匹敵する量のA I T Cを与えるとエチレン生成・褐変ともに阻害できることで裏付けることができた。

この仮説の細部について、更に細かな実験を行っており、かつ、不足する知見については近年の永田ら（1989）の研究結果を借用すると、カットキャベツに生ずる褐変程度の差は次の図で説明できると思われる。



また、第2節の研究結果に基づいてカット後に生ずる生化学的反應の時間的経過を次ページの図に模式化して示した。すなわち、褐変しやすい品種についてみると、カットによりエチレン生成が誘導、活性化（ACC合成酵素、EFE）し、エチレン生成が急増する→傷害エチレンがPPの生合成系のKey酵素であるPAL（フェニルアラニンアンモニアリアーゼ）とPPOを誘導する→PP含量・PPO活性が増加し、褐変に至る。この全体像（図中の①～⑦）のうち①、②、③、⑤についてはカットキャベツで実際に起こっていることを確認した（①のACC合成酵素については、この活性がACC蓄積量で代用されることが多いので、ACCの蓄積量を測定し、酵素活性そのものの測定は行っていない）。④については筆者は確認していないが、永田ら（1989）によって確認されている。⑥、⑦については最も重要な反応であるが、自明のこととして確認されることは少なく本



研究でも調べてはいない。以上から、カットキャベツの褐変がこのようにエチレン生成系の誘導、そのエチレンによる褐変系の誘導と2段階の酵素誘導を通じて起こることが明らかになったと考えている。キャベツの褐変のように2段階の誘導が必要なことが野菜・果実で明らかにされた例はほかにはないが、上で強調したキャベツの褐変がカット後10数時間経て開始される事実ともうまく合致している。

これに対して、褐変しにくい品種は、A I T CがACC合成酵素・EFEの誘導を阻害するためエチレン生成は少ない→エチレン生成が少ないこととA I T Cの作用でPAL・PPOの誘導が遅れる→PP含量・PPO活性がともに低いので褐変は遅れると考えている。A I T Cが褐変を阻害する機構は、A I T C含量の多い品種と少ない品種での比較、又はA I T C含量の低い品種に外部から与えたA I T Cの効果解析することによって、確認することができる。前者については‘銀力’が①、②、③、⑤の反応が他の品種に比較して遅いことを確かめている。一方、後者について本研究ではエチレン生成・褐変の相方を阻害することについて確認できた。その細部①、③、⑤については永田ら(1989)によって確認されている。

以上から、カットキャベツの褐変する機構、及び褐変に品種間差が生ずる機構がほぼ確認できたと考えている。ただ、残された問題点もあり、この図式は、極端に褐変しにくい品種(例えば‘銀力’)と褐変しやすい品種の間はうまく説明できるが、やや褐変しにく

い品種 (Table. 4-1で言えば 'グリーンボール'、'緑新中早生'、'金春' など) の褐変しにくさについては説明できない。名和ら (1987b) によると、このような品種もPP含量、PPO活性のカット後での増加は多くないとされており、何故この阻害が起こるのかについては今後の検討が必要である。

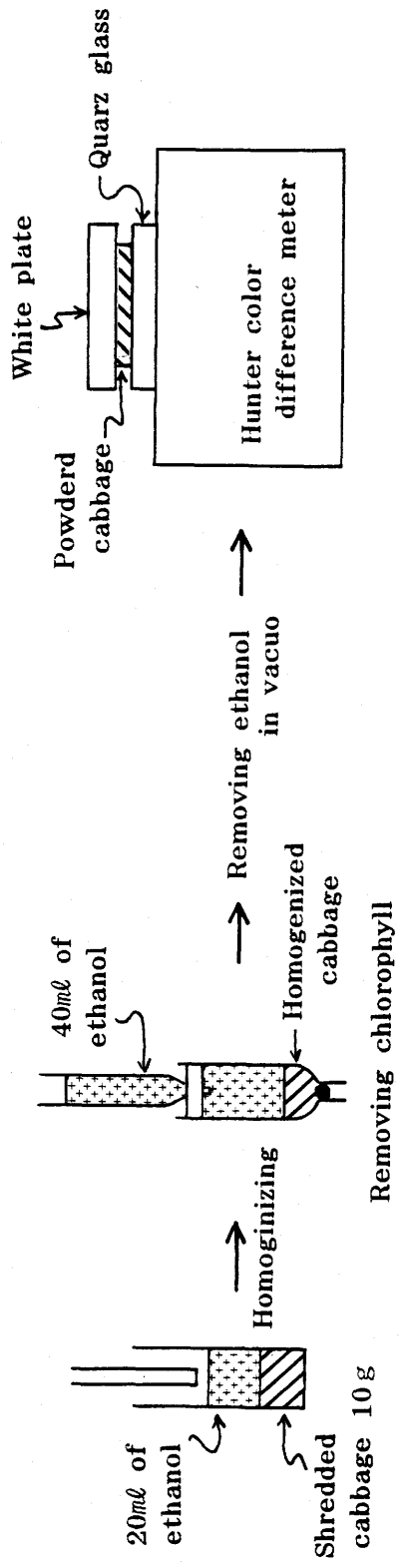


Fig. 4-1. Measuring procedure for cabbage browning.

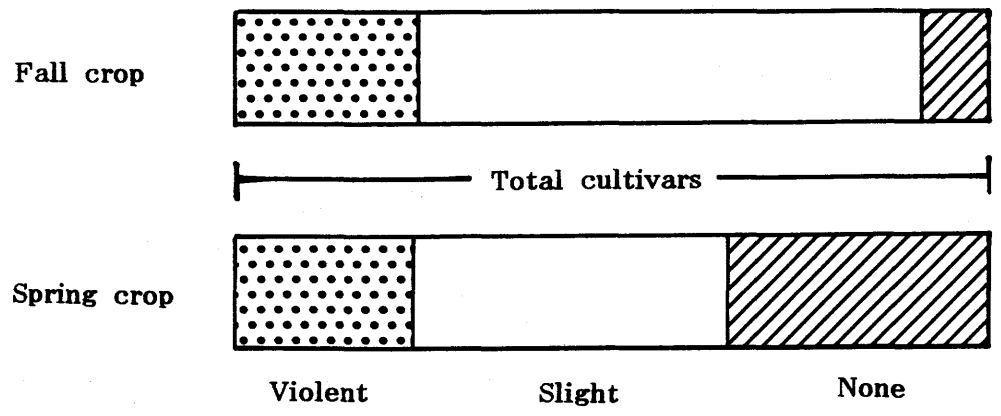


Fig. 4-2. Classification of Japanese cabbage cultivars according to browning degree of shredded samples stored at 5°C. Details of preparing and storing conditions of shredded samples refer to Results and Discussion.

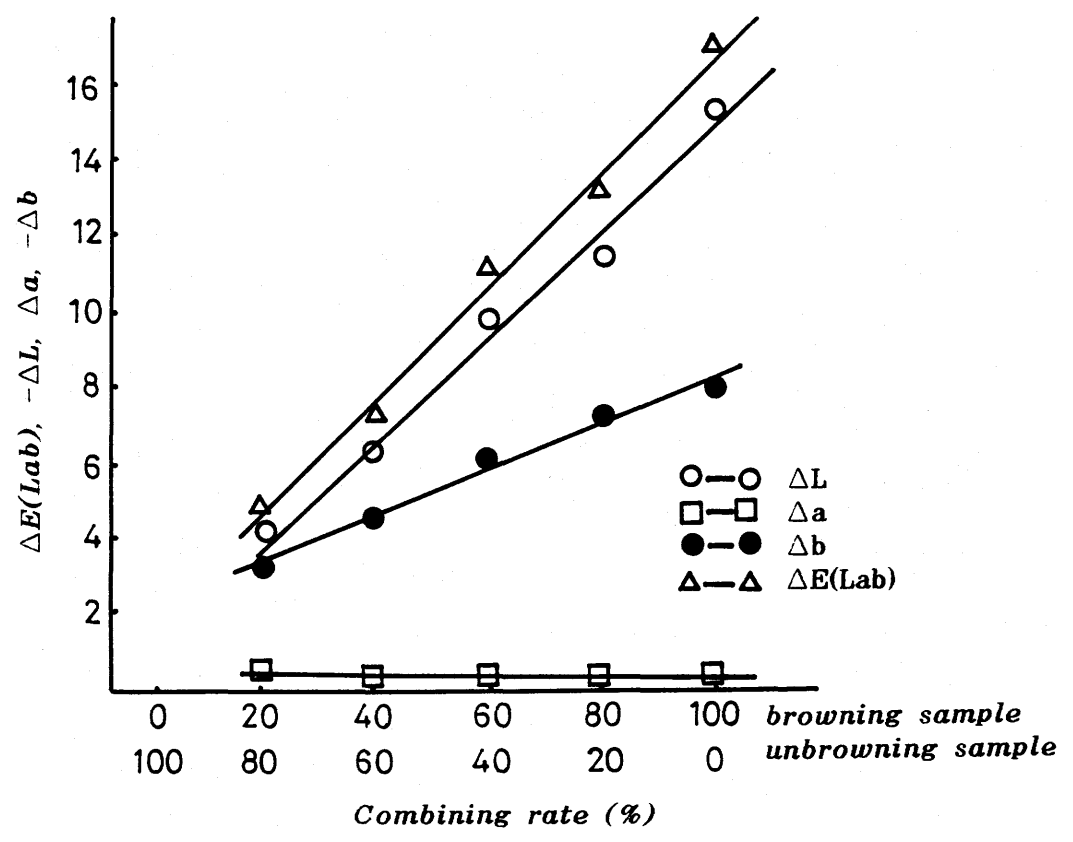


Fig. 4-3. Relationships between parameters of Hunter color difference and combining rate of browning sample with unbrowning one.

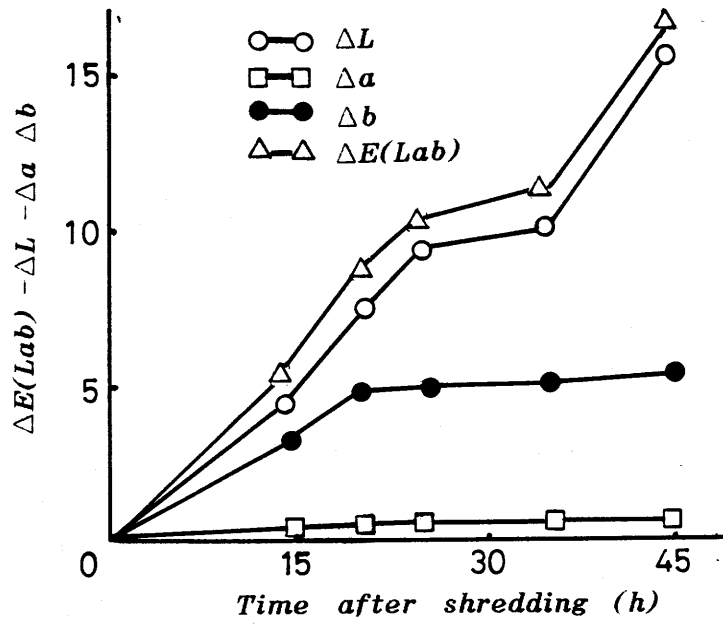


Fig. 4-4. Time course of Hunter L a b and ΔE (Lab) of shredded cabbage held at 20°C.

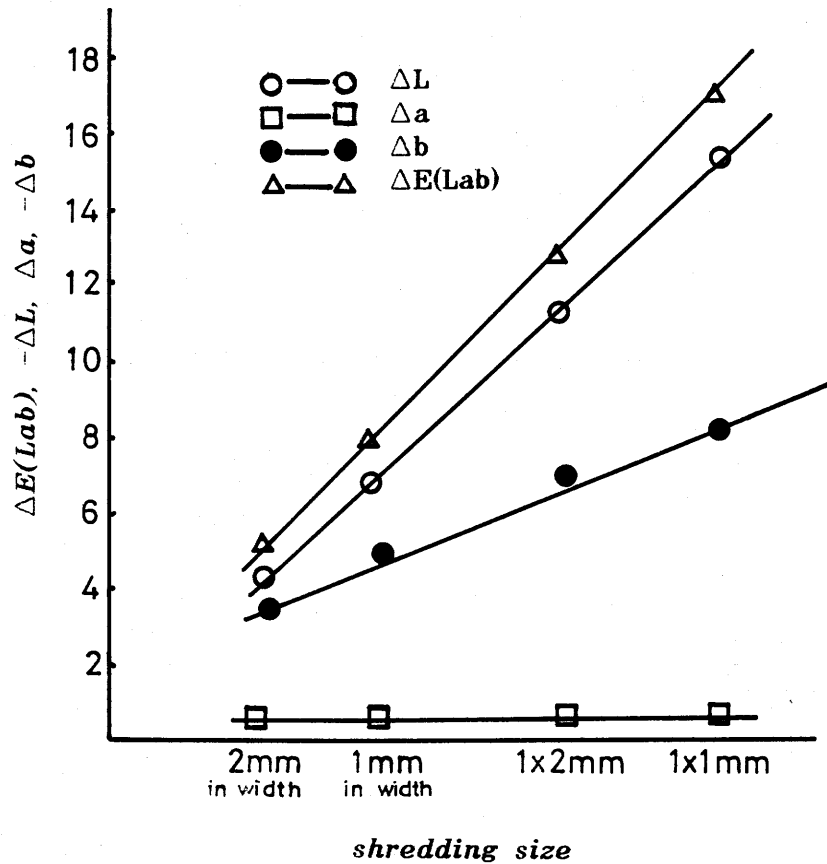


Fig. 4-6. Relationship between browning degree of shredded samples and shredding size.

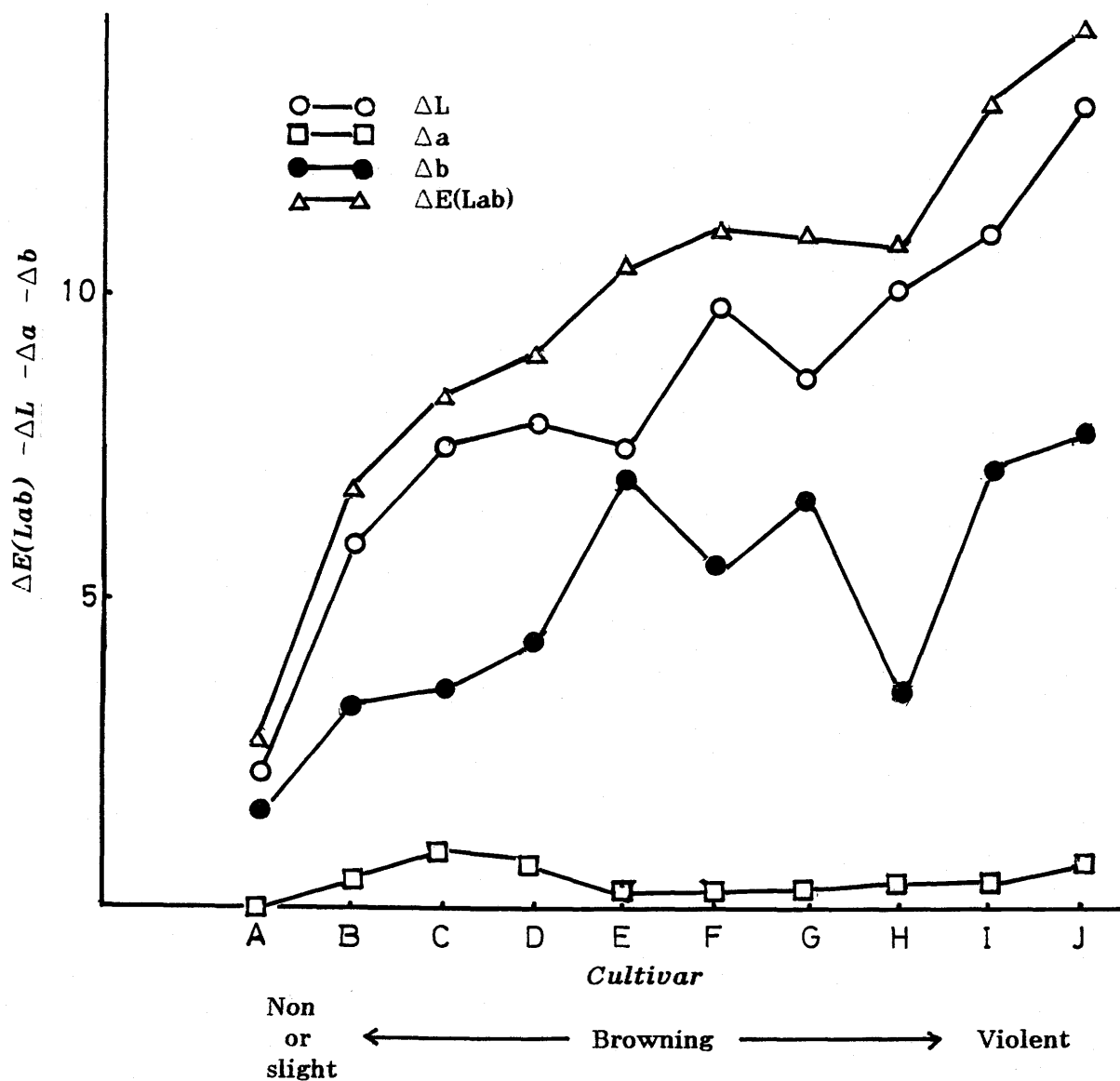


Fig. 4-5. Color analysis of 10 shredded samples held at 20°C for 24 hours.

- | | |
|----------------------|-----------------|
| A: Ginryoku | F: Shutoku |
| B: Kinshun | G: Harunatumaki |
| C: YR seishun | H: Kern |
| D: Akimaki chuware 2 | I: Ryokushun |
| E: YR natsubare | J: Shinkashu |

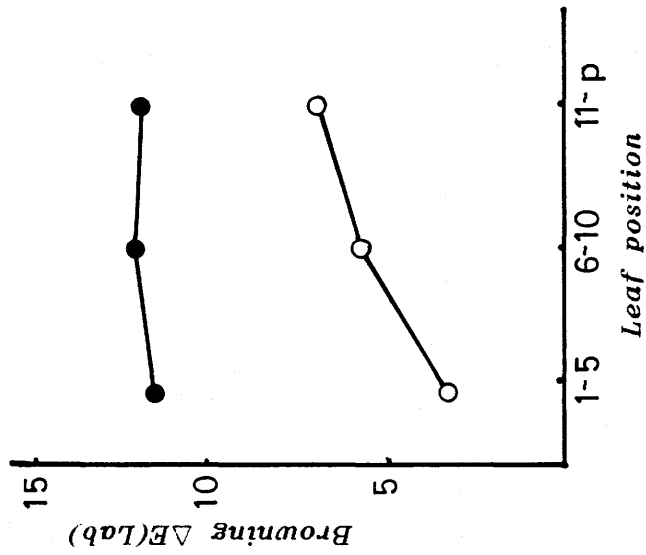


Fig. 4-8. Differences in browning of shredded cabbage in relation to leaf position.

1-5: from 1st leaf of head surface through 5th
 6-10: from 6th through 10th
 11-p: from 11th through the pith
 : Ginryoku, : Shuki

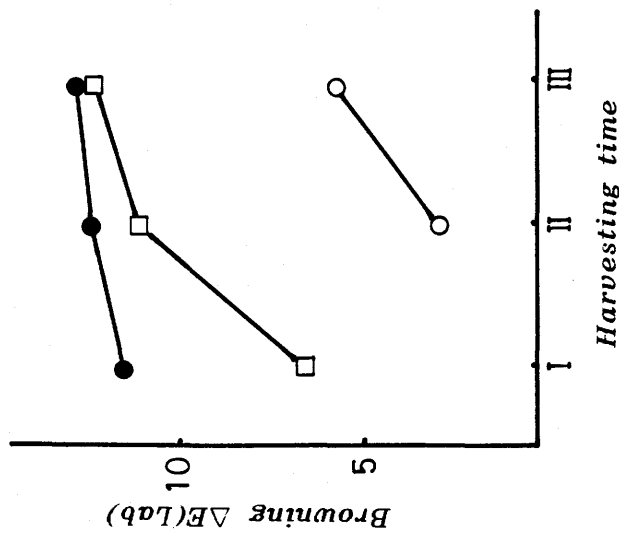


Fig. 4-7. Effects of harvesting time on browning of shredded cabbage.

:Ginryoku, :Natsumine, :Top
 I: harvested early (75 days after sowing) head weight, about 450g
 II: harvested properly (90 days after sowing) head weight, about 900g
 III: harvested lately (110 days after sowing) head weight, about 1100g

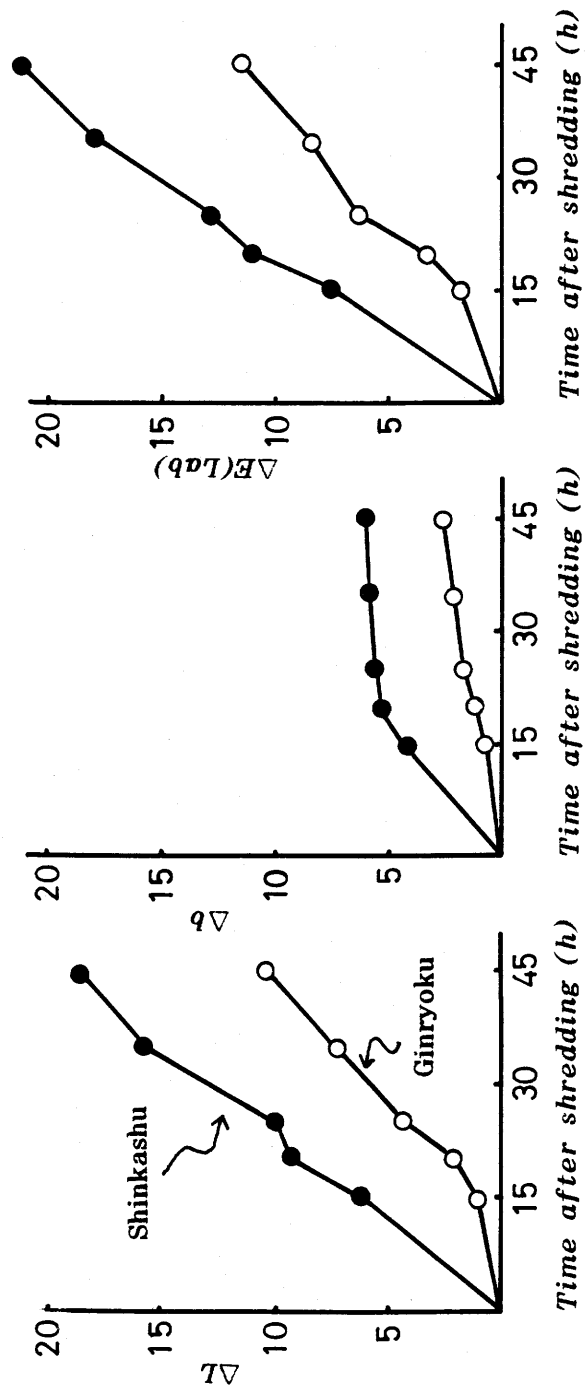


Fig. 4-9. Change in color of cabbage after shredding.

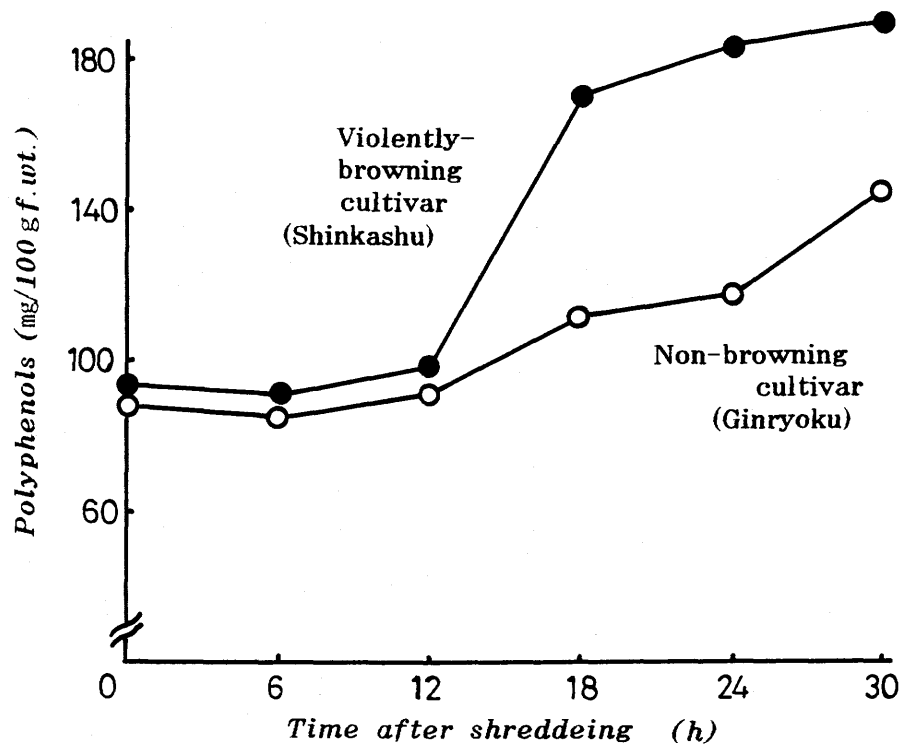


Fig. 4-10. Time course of polyphenols accumulation in 2 shredded samples (non-browning cultivar and violently-browning one).

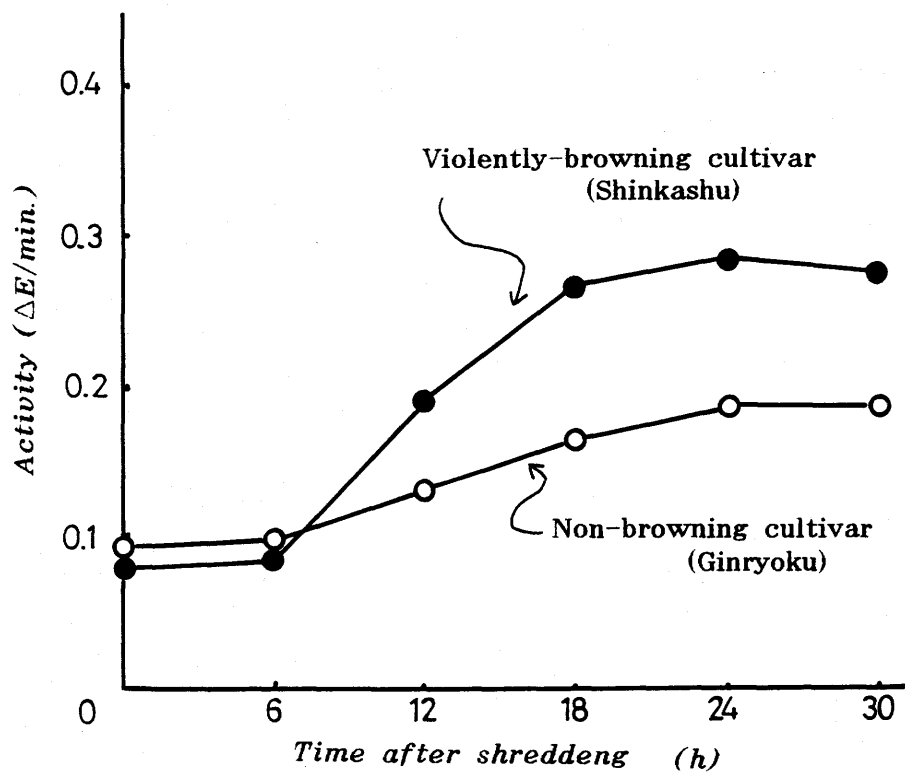


Fig. 4-11. Time course of PPO induction in 2 shredded samples (non-browning cultivar and violently-browning one).

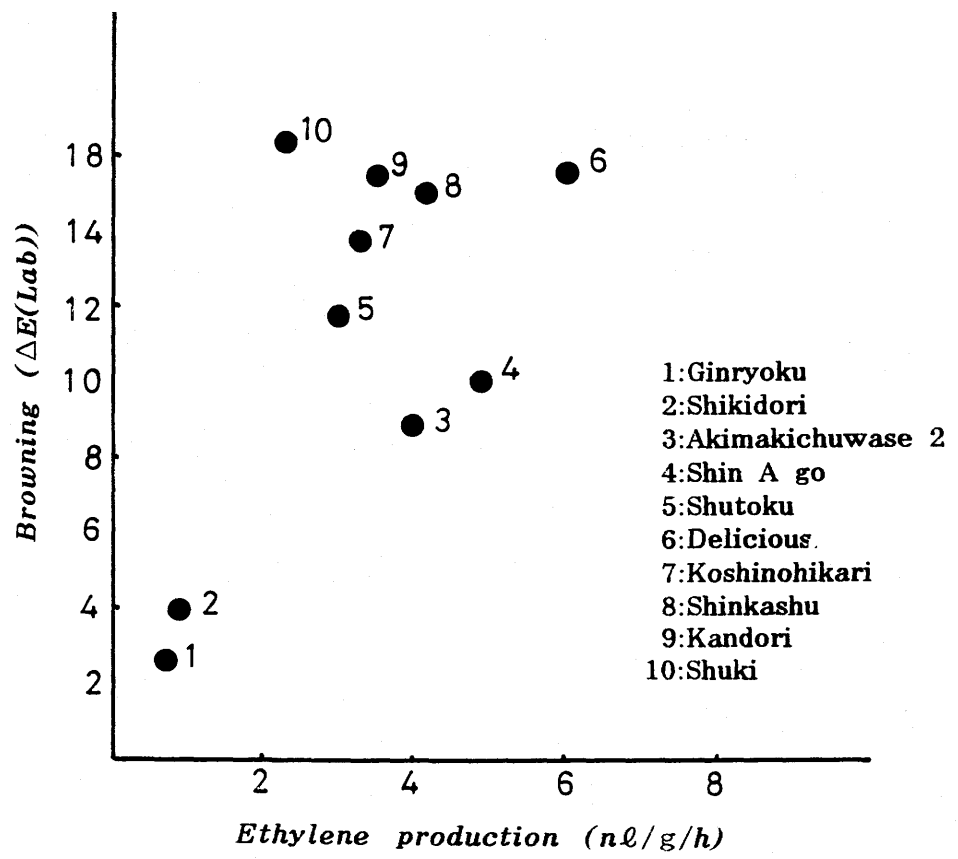


Fig. 4-12. Relationship between browning and ethylene production.

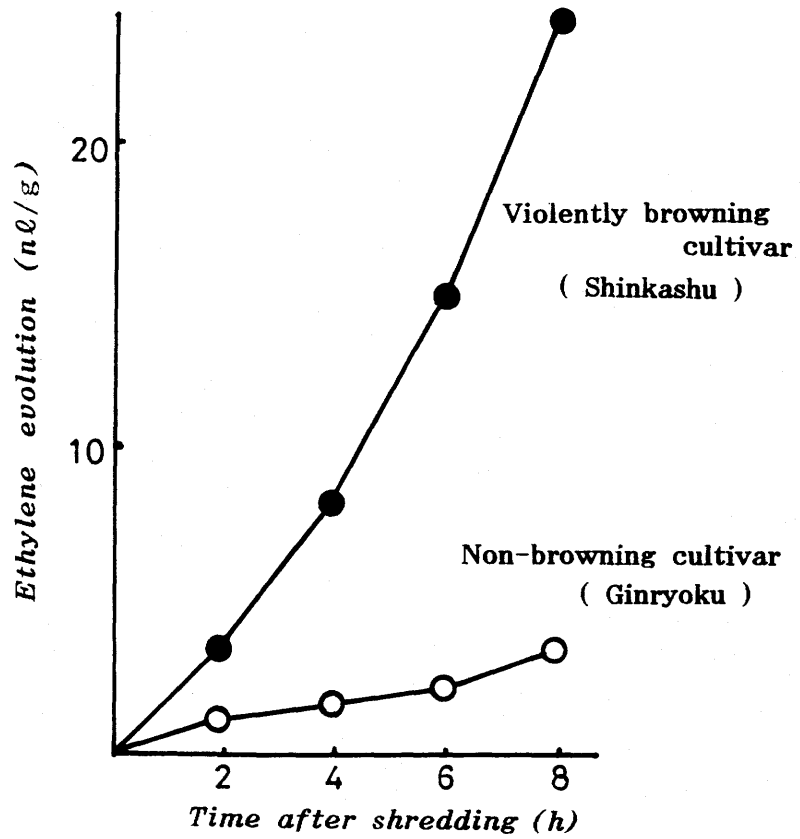


Fig. 4-13. Changes in ethylene production of shredded cabbage.

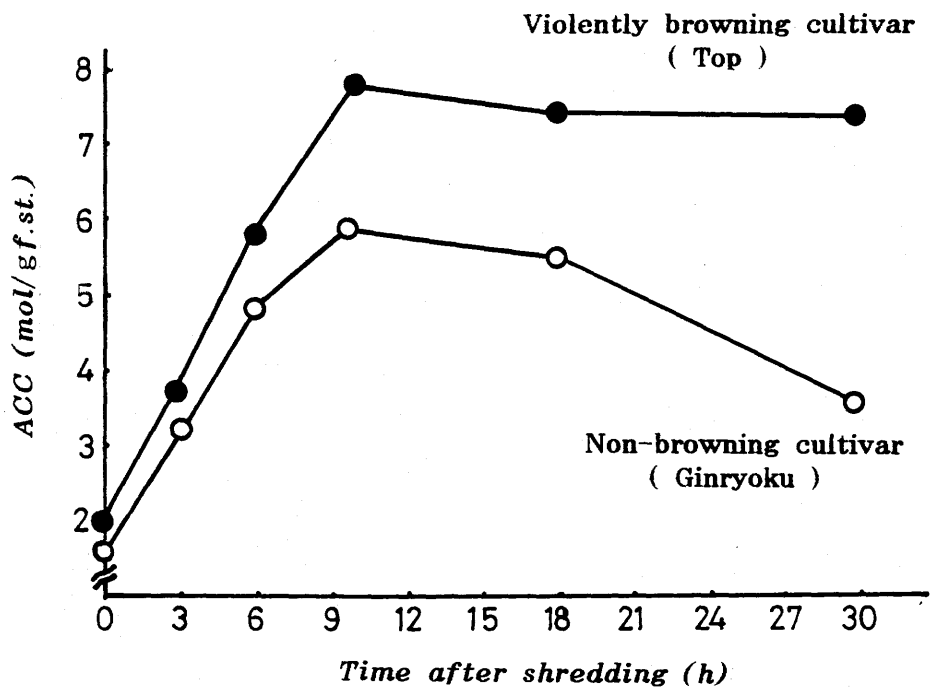


Fig. 4-14. Changes in ACC content of 2 shredded samples (violently-browning cultivar and non-browning one) held at 20°C.

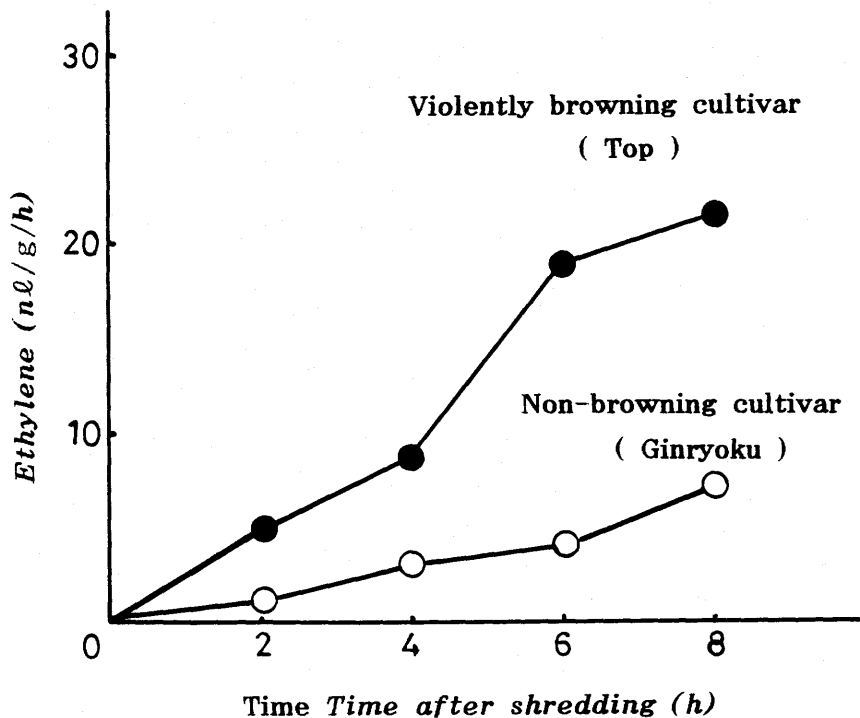


Fig. 4-15. Changes in EFE activity of 2 shredded samples (non-browning cultivar and violently browning one) held at 20°C.

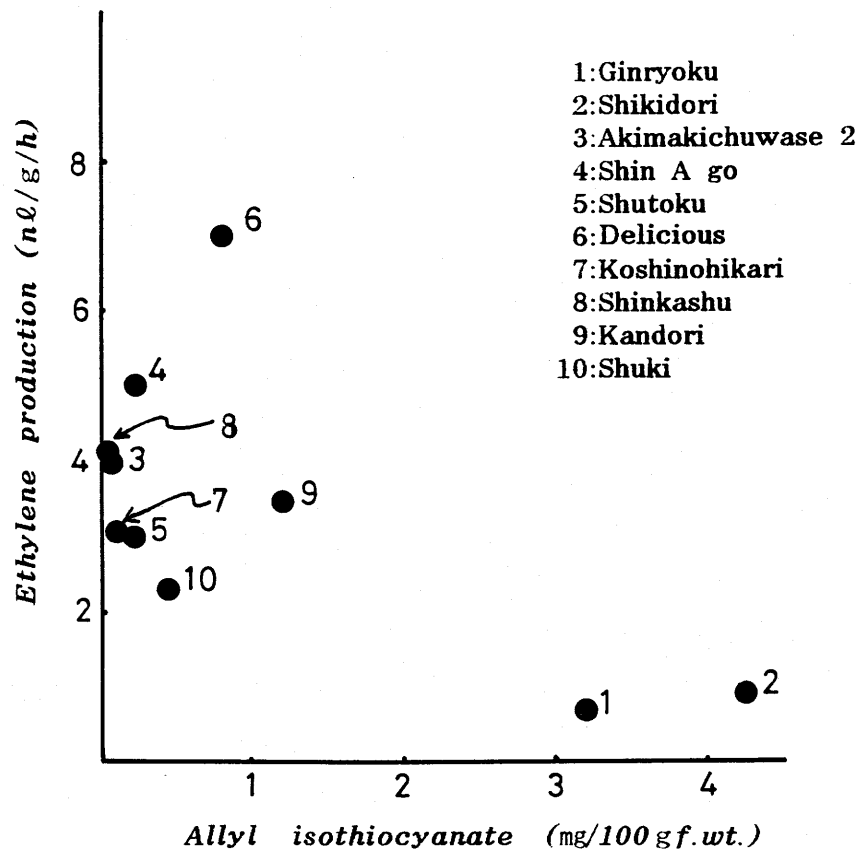


Fig. 4-16. Relationship between ethylene production and allyl isothiocyanate content.

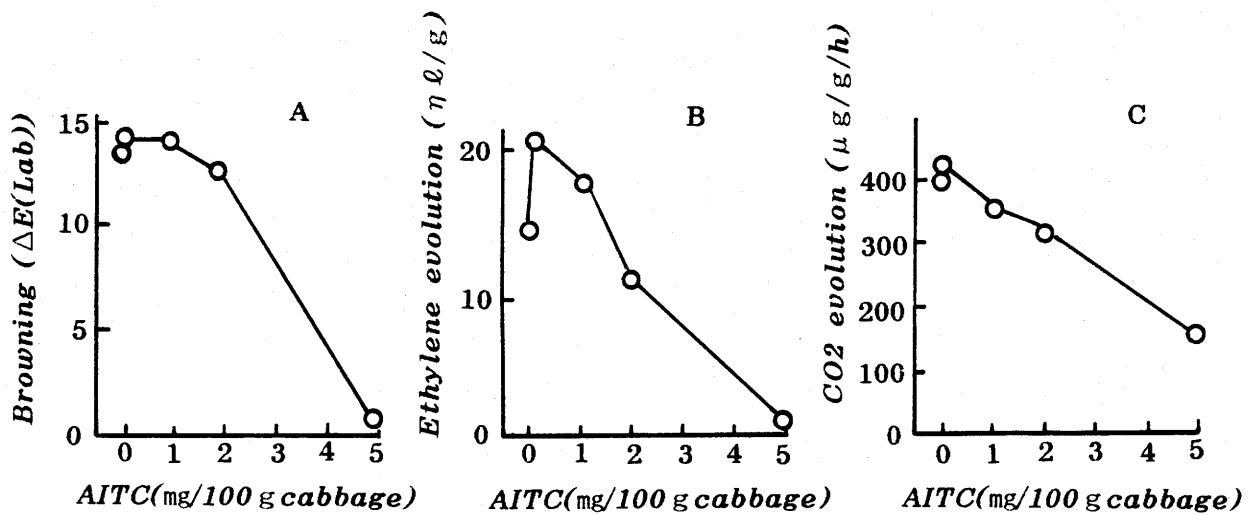


Fig. 4-17. Effect of exogenously supplied AITC on browning, ethylene production and respiration of shredded cabbage (cv. Shuki).

A: browning determined 24h after shredding.

B: ethylene production measured 6h after shredding.

C: respiration measured 6h after shredding.

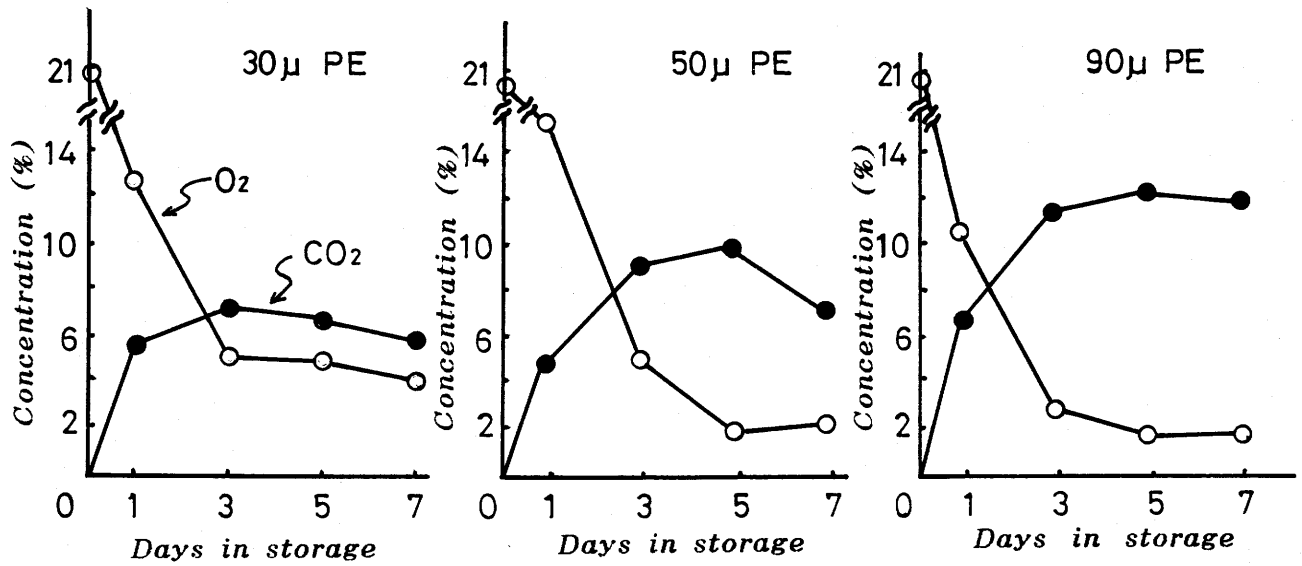


Fig. 4-18. Changes in concentration of carbon dioxide and oxygen in polyethylene pouches in which shredded cabbage were enclosed.

Table 4-1. Varietal differences in browning degree of shredded cabbage.

Cultiver group	Cultivar	ΔE (Lab)	
		Spring crop	Fall crop
Copenhargen market	Green ball	7.2	8.2
	C M	8.6	-
	Ball head	9.2	-
	Orora 1	9.8	-
	Asuka sankidori	13.6	-
Akimaki gokuwase	Ryokushin chuware	7.9	7.7
	YR seishun	8.3	-
	Akimaki chuware 2	9.0	-
	Haruhikari 7	15.2	-
Savoy	Kern	10.7	-
Sawer type	Kinshun	8.2	6.8
	Ryokushun	-	12.2
	Kosui	-	14.2
Succession	Ginryoku	2.7	4.8
	Shin A go	9.7	-
	Natsubare	-	10.4
	Harunatumaki 2	-	11.1
	Natsumine	-	11.2
	Natsuware	-	11.6
	Top	-	13.3
	Delishasu	13.7	-
	Shuki	16.4	-
Kandama	Shikidori	3.9	6.2
	Shutoku	-	11.1
	Banchuriso	-	13.3
	Taikan ogosho	-	14.2
	Kandori 1	-	15.5
Others	Koshinohikari	-	13.6
	Hayadori	-	14.3

Table 4-2. Inhibition of browning, ethylene production and respiration by isothiocyanates and the related compounds.^z

Compounds	Browning (% Inhibition)	Ethylene production (% Inhibition)	Respiration (% Inhibition)
Allyl isothiocyanate	84	94	84
Ethyl isothiocyanate	-	96	70
Buthyl isothiocyanate	44	41	16
Phenyl isothiocyanate	81	83	-
Benzyl isothiocyanate	79	72	20
Cyclohexyl isothiocyanate	0	35	16
Sinigrin	0	22	-
Allyl cyanide	0	2	-
Allyl thiourea	0	4	-
Pottasium thiocyanate	0	0	-
Methyl isocyanate	0	0	-

- Not determined

z Five mg of each compound except sinigrin were added to 100 g of shredded cabbage. In the case of sinigrin 20 mg were added.

Table 4-3. Effect of ethylene and its precursors on browning of shredded cabbage (cv. Ginryoku).

Compounds added	Ethylene concentration after 6h (ppm)	Browning ΔE (Lab)
None	0.4	5.40
Ethylene (500 ppm)	500.0	6.70
ACC (5 mg/100 g cabbage) ^z	2.1	6.23
Methionine (5 mg/100 g cabbage)	0.4	4.80
Ethrel (5 mg/100 g cabbage)	22.6	10.64

z 1-Aminocyclopropane-1-carboxylic acid.

Table 4-4. Influence of packing conditions on CO₂ and O₂ concentrations in polyethylene pouches, ethanol contents and browning of shredded cabbage.^z

Packing condition	Gas conc.		Ethanol conc. mg/100 g f.wt.	Browning Hunter ΔE(Lab)
	CO ₂	O ₂		
Polyethylene 30 μ, ^y sealed	4.2	3.1	10.2	1.4
Polyethylene 50 μ, sealed	5.5	1.8	92.5	1.2
Polyethylene 90 μ, sealed	8.5	1.5	321.0	1.2
Polyethylene 30 μ, perforated ^x	7.0	13.0	0	3.8

z: Determined 10 days after storage at 5°C

y: Thickness

x: A pin hole (0.5mmdiameter) per a pouch

Table 4-5. Effects of packing conditions of the qualities and shelf lives of shredded cabbage (cv. Natsumine).^y

Packing condition	Browning			Off-flavor ^z			Shelf life (5°C)
	5	7	10	5	7	10	
Polyethylene 30 μ, sealed	-	-	-	-	-	+	7 days
Polyethylene 50 μ, sealed	-	-	-	+	++	++	5 days
Polyethylene 90 μ, sealed	-	-	-	++	++	++	5 days
Polyethylene 30 μ, perforated	-	+	++	-	-	-	5 days

z Organoleptically evaluated; -:not detected, +:slightly, ++:very much.
y Days after storage at 5°C.

Table 4-6. Differences in browning and shelf lives of three cultivars shredded and stored in polyethylene pouches.^z

Cultivar	Packing conditions	Browning				Off-flavor ^y				ΔE (Lab) 10 days after storage	Shelf life
		5	7	10	15	5	7	10	15		
Ginryoku	sealed	-	-	-	-	-	+	++	++	1.4	5 days
	perforated	-	-	-	++	-	-	-	-	1.5	10 days
Ryokushin chuwase	sealed	-	-	-	-	-	+	++	++	1.3	5 days
	perforated	-	-	+	++	-	-	-	-	3.6	7 days
Shuki	sealed	-	-	-	-	-	+	++	++	1.7	5 days
	perforated	-	+	++	++	-	-	-	-	4.1	5 days

^z At 5°C.

^y The same ones in Table 4-5

第5章 カットキャベツに対する消費者嗜好の解明

I 目 的

カット野菜は新しいタイプの食品であり、消費者に受け入れられるためには、簡便性のようなメリットだけでなく、食味、テクスチャー、フレーバー、色など食品として本質的な性格についても高く評価される必要がある。

キャベツは、第2章で明らかにしたように品種や栽培条件の違いにより、その品質関連形質に著しい変動幅を持つ。また、第1章で明らかにしたように消費者はそのような品質的な違いを十分に識別することができる。したがって、消費者がどのようなカットキャベツを好むかを調べ、それに答えられるような品種を原料に用いれば、消費者に新商品として受け入れられやすく、将来の発展にもつながると思われる。

この様な観点から、第5章では本研究での品質に関連する知見を総括集して、嗜好調査材料に適切な品種を選び出し、カットキャベツに対する消費者嗜好の傾向を探ろうとした。

II 材料及び方法

1. 材料

1985年は3月上～下旬播種で、供試材料候補として栽培した20数品種の中から、同じ日(6月24日)に収穫適期になり、かつ品質に特徴が認められた(その内容については結果の項に詳述)5品種‘湖水’、‘グリーンボール’、‘秋蒔中早生2号’、‘冬穫みやこ’‘越のひかり’を供試材料に選んだ。栽培条件は各所で述べている共通の方法によった。

1品種につき5個体をフードスライサー(上述)で2mm幅の千切り状のカットキャベツとし、嗜好調査と化学分析に使用した。形態的形質、物性の計測には別の5個体を使用した。

2. 理化学的性質の測定

中ろくの大きさ、葉肉の厚さ、クロロフィル含量は第2章第3節に、圧搾汁液量は第1章第2節、買入抵抗は同じく第1節、全糖は第2章第2節、アリルイソチオシアネート(AITC)は第1章第3節にそれぞれ示した方法によった。葉色は表面から10枚目の色を日本園芸植物標準色票(日本色彩研究所、1984)に対比してカラーコード番号で表わした。

3. 嗜好調査

嗜好調査のパネルには野菜・茶業試験場、全農農業技術センター、杉野女子大学の職員82名を使用した。カットキャベツはフードスライサーで調理後直ちにパネリストに提供し、観察、試食させた後、評点法で回答を求めた。調査項目は、外観（千切りキャベツの形状）、色、多汁性、硬さ、食味、総合の6項目で、評点は2：対照（‘越のひかり’）より好ましい、1：対照と同程度、0：対照より劣るの3段階とした。嗜好の程度（好ましさ）は全パネリストの平均点で表示した。なお、対照を‘越のひかり’としたのは上述の理化学的性質が第2章第3節の結果からみてほぼ、我が国の品種の平均値に近かったことによる。

III 結果及び考察

1. 供試品種の理化学的性質

供試4品種と対照品種の‘越のひかり’の理化学的性質の測定結果をFig. 5-1示した。この図では供試した品種が我が国の品種の中でどのような位置にあるかを示すため、第2章第3節で作成した分布図上に図示した。

Fig. 5-1のAには葉肉の厚さの測定結果を示した。‘冬穫みやこ’、‘秋蒔中早生2号’が厚い品種の部類に入ること、‘湖水’が薄い品種の部類に入ることがわかる。したがって‘越のひかり’を含む5品種で、葉肉の厚い方から薄い方までほぼカバーできていた。

以下同様の観点からみると、中ろくの大きい品種として‘秋蒔中早生2号’、小さい品種として‘グリーンボール’が、クロロフィル含量では多い品種として‘グリーンボール’、少ない品種として‘冬穫みやこ’が、圧搾汁液量では大きい品種として‘秋蒔中早生2号’、小さい品種として‘湖水’が、貫入抵抗では大きい品種として‘冬穫みやこ’、小さい品種として‘秋蒔中早生2号’が、全糖の多い品種として‘湖水’、少ない品種として‘秋蒔中早生2号’が、AITC含量では多い品種として‘冬穫みやこ’、少ない品種として‘秋蒔中早生2号’が、それぞれの代表として使えることが明らかであった。葉色については分布図がないが‘グリーンボール’が鮮緑黄、‘冬穫みやこ’が黄白と我が国の品種の中で両極端の品種として使えると判断した。

消費者嗜好を正確に把握し、その結果を我が国のキャベツ品種が持つ品質の多様性をカット野菜原料の選択の面で活かそうとするなら、この嗜好試験の供試材料の中に、その品質の多様性を再現させる必要があった。

一方、嗜好調査をスムーズに行うには、使えるサンプル数に限界があり、限られた品種数で上述した理化学的性質のすべてに特徴のある品種を探すことは至難の技であった。にもかかわらず、貫入抵抗の小さなものの代表に‘秋蒔中早生2号’を使わなければならなかったこと（本当は中程度）及び食味の関係で若干の問題があること（後述）を除けばわずか4品種で極めて特徴のあるサンプルの組み合わせが得られたものと考えている。このような選定理由からして供試品種にポピュラーなものが少ないことは止むを得ないことであった。

2. 消費者パネルによる嗜好調査

Table 5-1に外観、色、硬さ、多汁性、食味、総合について嗜好調査を行った結果を示した。この6項目いずれの場合にも、4品種のうち、1～2品種が好ましいとされ(desirability scoreが高い)、逆に1～2品種が好ましくないと判定された。この嗜好テストのダンカンの多重検定の結果から、いずれの形質についても1%レベルで品種間に有意差が認められた。

この結果から、供試した4品種は1. で調べた理化学的性質と同様、消費者嗜好の面でも多様な品種がそろっていると考えられた。したがって、この4品種と対照品種の組合せはカットキャベツに対する消費者嗜好を知り、かつそれに対する理化学的性質の影響を解析するのに適切な試料であると判断した。

3. 消費者嗜好と原料キャベツの理化学的性質の関連

1) 外観と色

フードスライサーで調製した千切り状のカットキャベツは品種によって著しく外観が異なる(矢野ら、1986)。千切りが細く長く、葉肉や中ろくの切れはしの大きなものを含まないものがきれいに見えるので、外観の良否は葉肉の厚さや中ろくの大きさとの関係が深い。そこで、外観が好ましいかどうかを尋ねた結果と葉肉の厚さ、中ろくの大きさとの関係をFig. 5-2に示した。結果は極めて明確で、葉肉の薄い品種、中ろくの小さい品種の外観を好ましいとするパネルリストが多く、著者らの主観的な観察結果(矢野ら、1986)を肯定する結果となった。

業務用用途では千切りキャベツのボリューム感(ふわつとした感じ)が必要(菅原ら、1987b)だが、供試品種の中では‘潮水’がこれに相当した(葉がちりめん状になってい

るとポリューム感が出る)。その理由からも、‘湖水’の好ましき(desirability score)が最も大きくなったものと考えられる。

次に、色について原料の理化学的性質と消費者の評点との関係をFig. 5-3に示した。消費者の評価は緑色の濃いもの(鮮緑黄)、クロロフィル含量の多いものが高い傾向が認められた。

一方、球内部が黄白色でクロロフィル含量の少ないものの評価は低かった。したがって、緑色の濃い方が消費者の好みに合うと判断されたが、あまり濃すぎると外葉が混入していることを疑われる恐れがあること、割合としては10%程度であるが、緑色のものを嫌う根強い層もあることから(嗜好調査の回答を詳細に検討した結果からの判断、矢野、未発表)‘湖水’のようなやや濃い程度のものが好ましいと思われる。

2) テクスチャー(多汁性と硬さ)

第1章第2節の結果から多汁性は圧搾汁液量という計測値で評価できることが明らかになっている。そこで、その圧搾汁液量と多汁性についての嗜好の関係をFig. 5-3に示した。結果は極めて明確で圧搾汁液量の大きい試料ほど消費者の評価は高く、この値の小さい試料の評価は低かった。

次に、カットキャベツの硬さに関連する物性値と硬さについての嗜好との関係をFig. 5-4に示した。貫入抵抗の小さい品種の方が評価が高かったことから、消費者は柔軟なキャベツの方を好むと結論して良いと考えられる。ただ‘湖水’の場合、貫入抵抗が小さいのに評価が低かった。この理由については、この品種が著しく多汁性を欠いており(Fig. 5-3)、そのため本来硬くはないのに硬いという印象を与えたのではないかと推測している。したがって、テクスチャーに関して消費者が好ましいとするのは柔軟、多汁の2つの性質を兼ね備えたカットキャベツだと思われた。

3) 食味

キャベツの食味に關与する成分はいろいろあると思われるが実際に研究例があるのは全糖(高橋、1970)、AITC(Leslieら、1977、Yanoら、1987)程度である。そこで、この2化学成分と食味に対する消費者嗜好の関係を調べた。Fig. 5-5に示した結果は今まで述べた形質ほど明確ではなかった。例えば、全糖含量の多い‘湖水’や‘冬穫みやこ’より少ない‘グリーンボール’、‘秋蒔き中早生2号’の方がむしろ食味の評価が高かった。

これは糖含量が多いことを消費者が嫌った結果ではなく、‘湖水’などが多汁性に欠ける (Fig. 5-3) ことや辛味成分であるAITCが多いこと (‘冬稔都’) がこの両品種の評価を下げたものと解釈できる。一方、AITC含量との関係ではこの含量の低いものの評価が高くなった。これらの結果から、食味に関しては全糖含量より、多汁性であること、辛味が少ないことが重要と考えられる。勿論、全糖の多いことが重要でない訳ではなく、今回はサンプル数の関係で入れることができなかつたが、多汁で辛味が少なく全糖含量の多い材料があれば‘秋蒔中早生2号’以上に高く評価されたものと思われる。

4) 総合

これまで調べた外観など5項目すべてに消費者の嗜好を満足する品種はなかなか得られない。そこで、この5項目のいずれを優先すべきかを知るため、総合評価の高さと個々の項目についての高さを比較することにより、項目相互の重要性を比較しようとした (Table 5-1)。

総合評価では‘秋蒔中早生2号’、‘グリーンボール’が比較的高い評価を受け、‘湖水’、‘冬稔みやこ’の評価が低かつた。この評価を個別の評価と比較してみると、‘秋蒔中早生2号’は外観の評価は低いものの、テクスチャー、食味の評価が高いことが総合的评价を引き上げているようにみえる。一方、‘湖水’は外観で最も高い評価を受けているにもかかわらず、テクスチャー、食味が劣るため、総合評価が最低となつた。

この2品種の例から判断すると外観よりもテクスチャーと食味の良さが優先されるように思われる。柔軟、多汁といった性質が重要という例はリンゴ、(乳井ら、1986)、キュウリ (平本、1988) でも報告されており、妥当な結論といえる。ただ‘秋蒔中早生2号’の desirability score が4品種中、最も高いとはいえ、1.14に留まっていることから考え、外観とくに色が著しく劣ることも好ましいことではなく、平均点程度は必要と思われる。

近年、野菜の消費者嗜好にとって重要な官能的及び理化学的性質を、多数の試料とパネルを用い、クラスター分析などの統計的手法で解明しようとする研究が急増している (Godwinら、1978、Resurrecionら、1985、1987、Martens、1985、平本ら、1988)。このうち、キャベツを対象としたMartensの研究では、34点の試料と主成分分析法を用い、消費者嗜好に関連して、どの官能的・理化学的性質が不可欠かを調査している。使われた品種が我が国のものと全く異なるため、筆者の結果との詳細な比較は難しいが、2つの研究結果にはいくつかの一致点がある。そのうち、多汁性・歯切れなどのテクスチャーを最も重

要としている点は、本章で明らかにした多汁性の重要性が外国（ノルウェイ）でも確認されたことになり、興味深い。

本章では品質的な特徴が著しく異なる5品種とパネルを用いて、カットキャベツに対する消費者嗜好を明らかにした。この結果を高品質のカットキャベツ用の原料を選ぶための目安となるよう、Fig. 5-2~6の結果を基に次のとおりまとめた。

- ① 中ろくが小さい (13 g 以下)
- ② クロロフィルが多い (1 mg/100g生体重以上)
- ③ 貫入抵抗が小さい (200g/2mgφ 以下)
- ④ 圧搾汁液量が多い (0.8g/15gカットキャベツ以下)
- ⑤ アリルイソチオシアネート含量が小さい (2mg/100g生体重以下)

IV 摘 要

消費者に好まれるカットキャベツの特徴を明らかにするため、消費者パネルが判定した嗜好の程度と理化学的性質の関係を特に5品種を用いて調べた。

1) 外観、色、多汁性、硬さ、食味の5種類の性質それぞれについて、パネルが好ましいと判定したカットキャベツの理化学的性質は次のとおりであった：外観、中ろくが小さいこと及び葉肉が薄いこと；色、クロロフィルが多いこと、結球内部葉が淡緑黄または浅緑黄であること；多汁性、試料に一定の荷重をかけた時の圧搾汁液量が多いこと；硬さ、葉肉の貫入抵抗が小さいこと；食味、アリルイソチオシアネート含量が少ないこと。

2) 総合評価では、多汁性であること及び優れた食味がカットキャベツが消費者に高い評価を受けるための最も重要な要因であった。

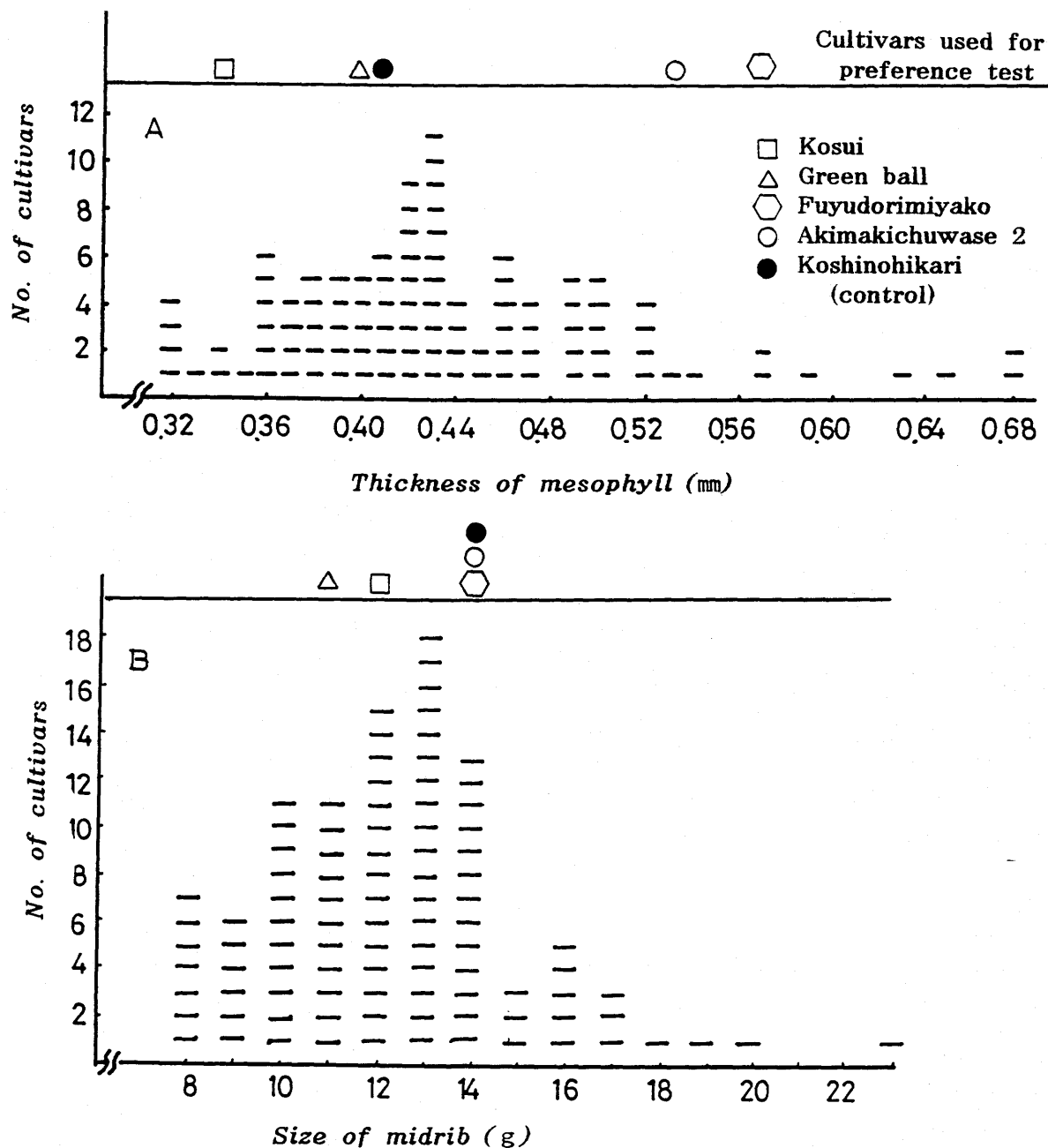


Fig. 5-1-1. Physical and chemical characteristics of the cultivars used for consumer preference test, as compared with those of the other cultivars.

A: Thickness of mesophyll

B: Size of midrib

Continued to next page.

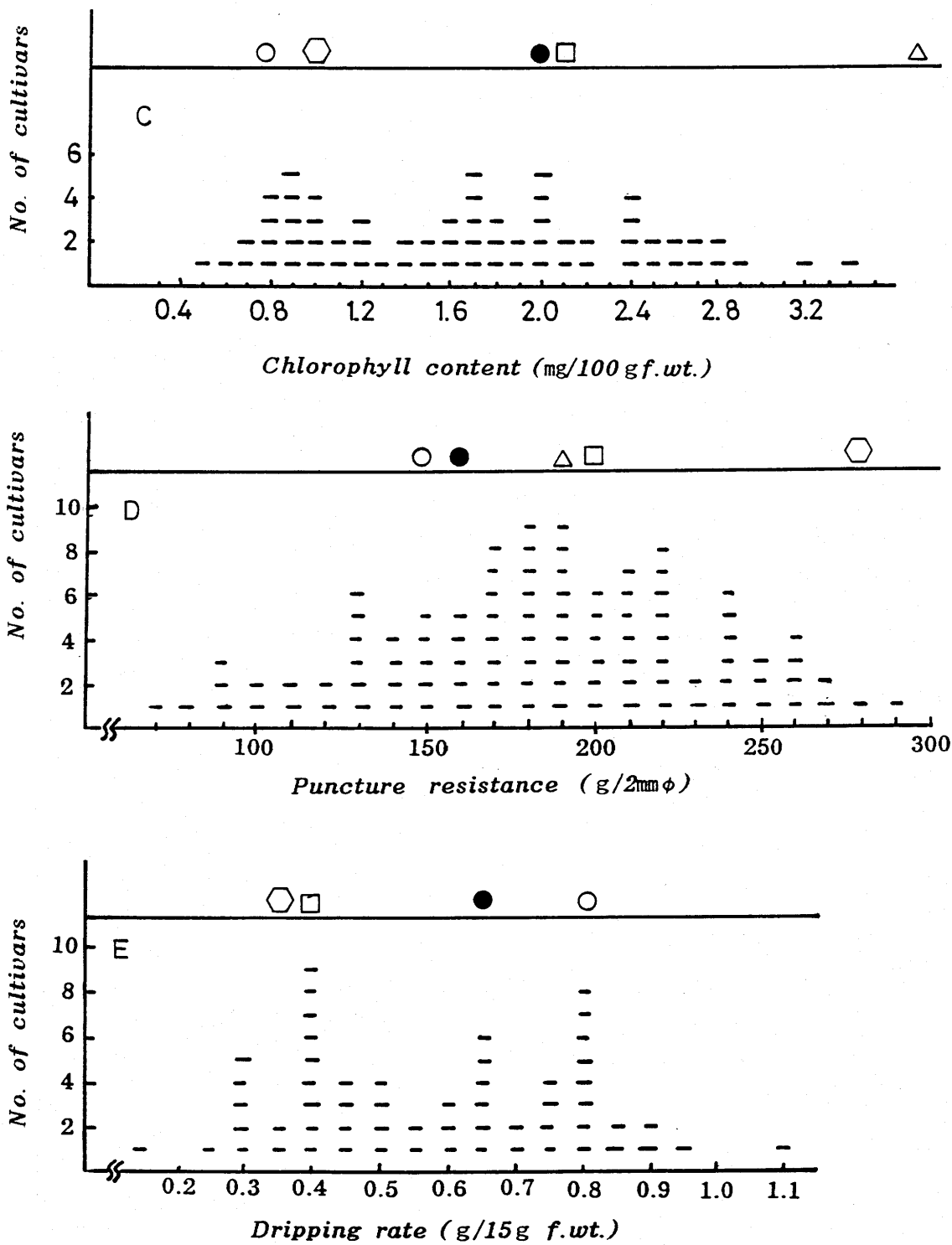


Fig. 5-1-2. Physical and chemical characteristics of the cultivars used for consumer preference test, as compared with those of the other cultivars.

C: Chlorophyll content
 D: Puncture resistance
 E: Dripping rate

Continued to next page.

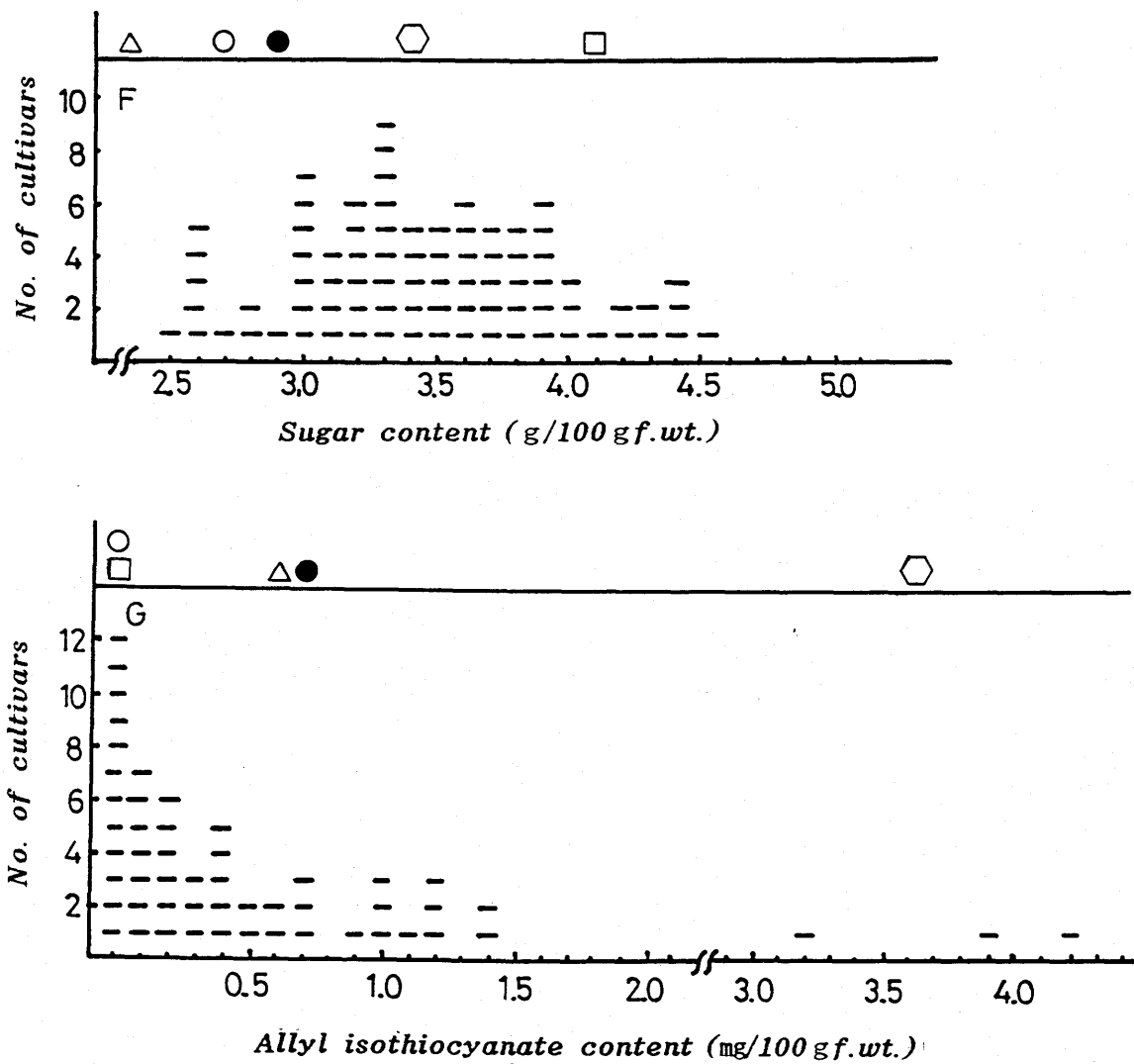


Fig. 5-1-3. Physical and chemical characteristics of the cultivars used for consumer preference test, as compared with those of the other cultivars.

F: Sugar content
 G: Allyl isothiocyanate

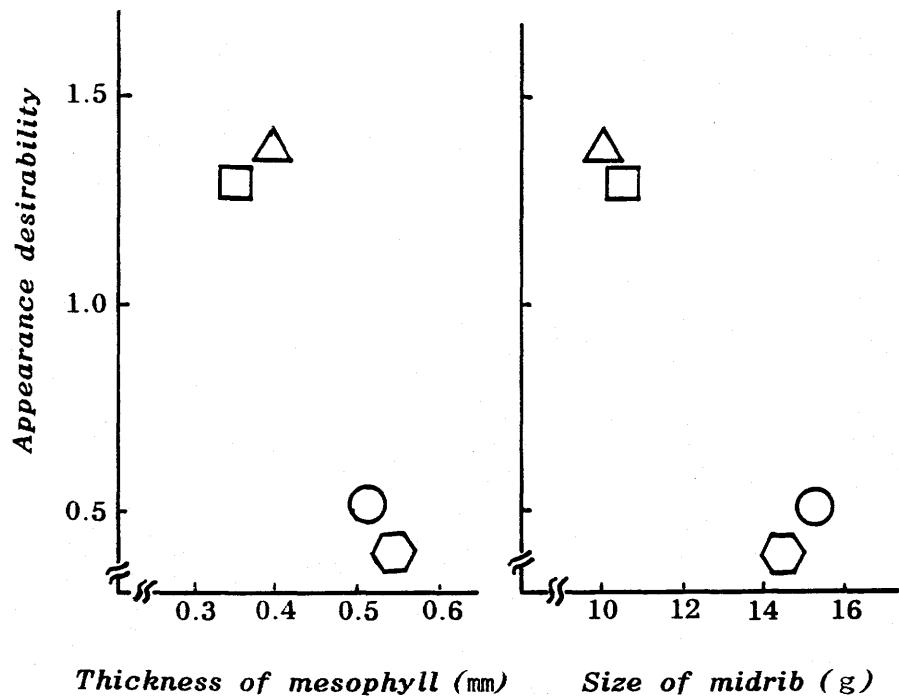


Fig. 5-2. Influence of thickness of mesophyll and size of midrib on the appearance desirability of 4 shredded cabbage samples.

Triangles: "Green ball"; squares: "Kosui"; hexagons: "Fuyudori miyako"; circles: "Akimaki chuwase 2".

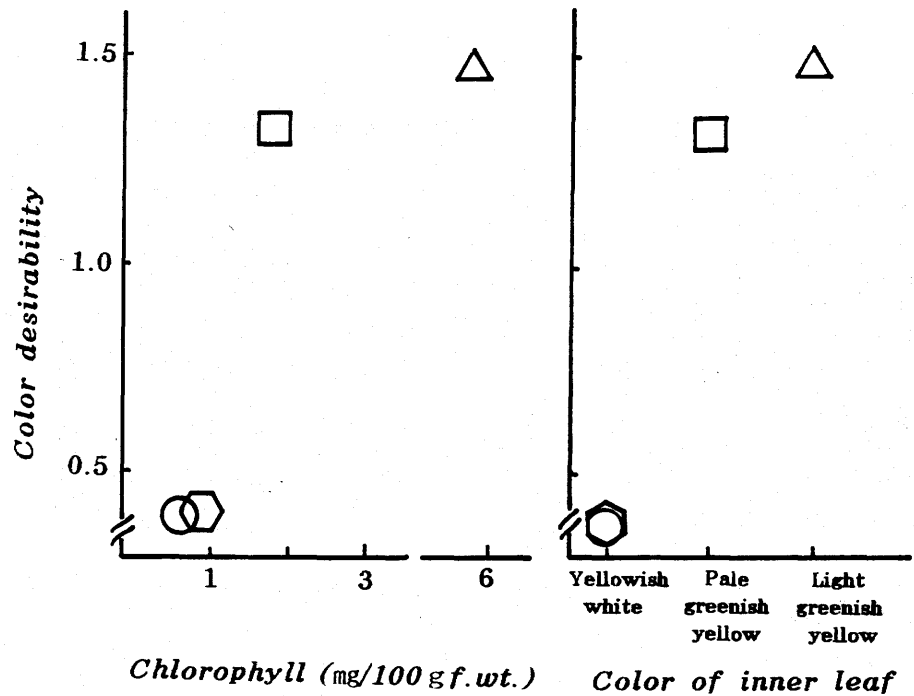


Fig. 5-3. Influence of chlorophyll content and color of inner leaves on the color desirability of 4 shredded cabbage samples.

Triangles: "Green ball"; squares: "Kosui"; hexagons: "Fuyudori miyako"; circles: "Akimaki chuwase 2".

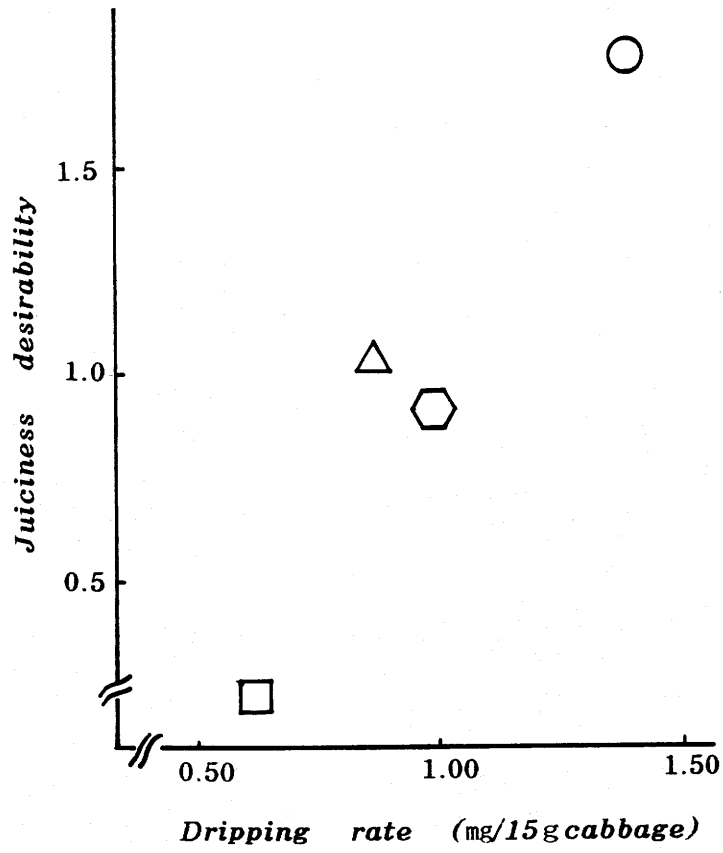


Fig. 5-4. Influence of dripping rate on the juiciness desirability of 4 shredded cabbage samples.

Triangles: "Green ball"; squares: "Kosui"; hexagons: "Fuyudori miyako"; circles: "Akimaki chuwasen 2".

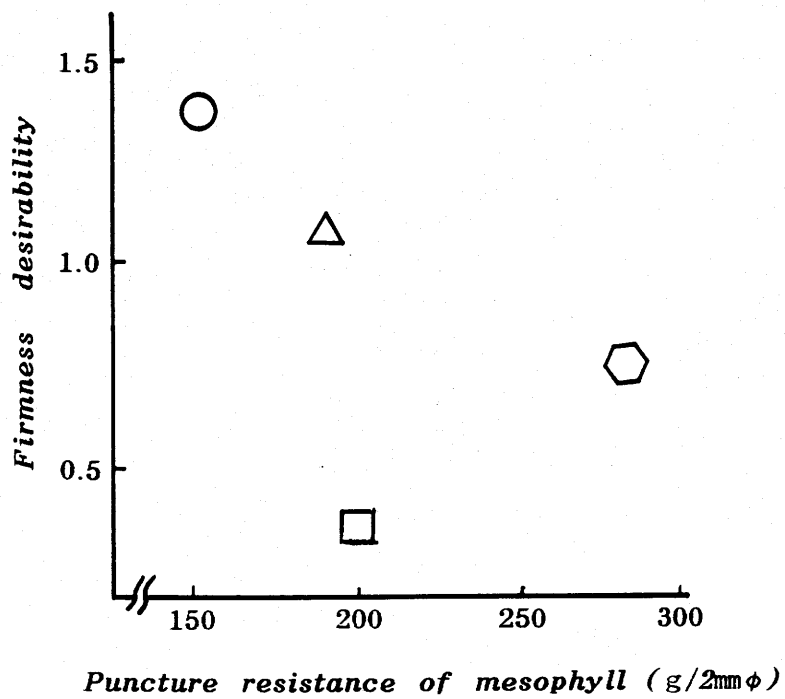


Fig. 5-5. Influence of puncture resistance of mesophyll on the firmness desirability of 4 shredded cabbage samples.

Triangles: "Green ball"; squares: "Kosui"; hexagons: "Fuyudori miyako"; circles: "Akimaki chuwasen 2".

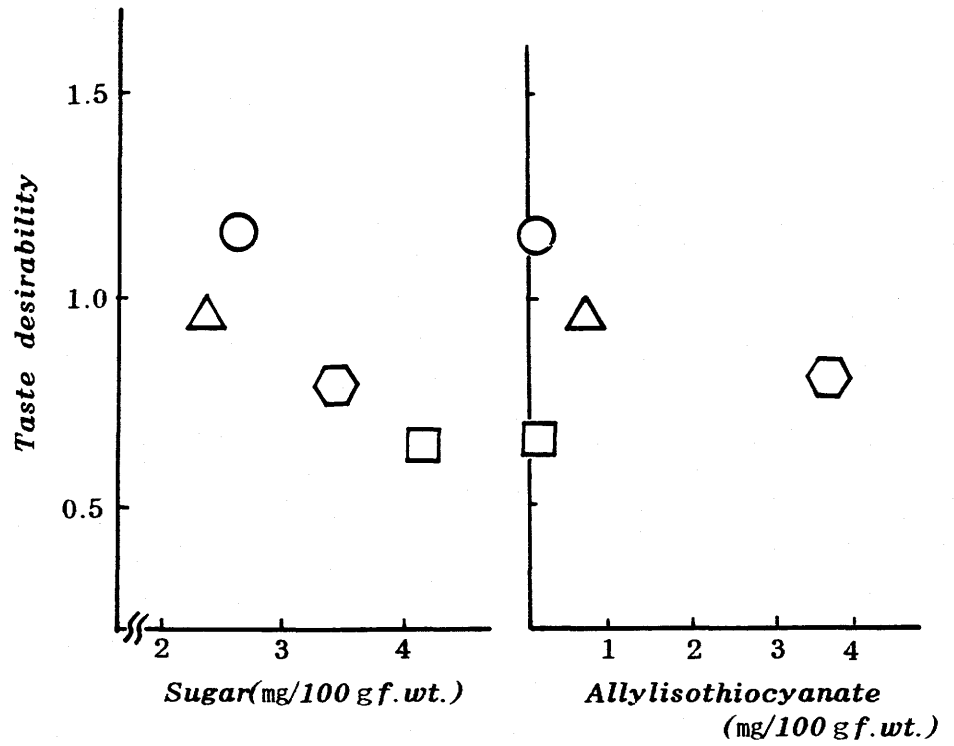


Fig. 5-6. Influence of Allyl isothiocyanate and sugar contents on the taste desirability of 4 shredded cabbage samples.

Triangles: "Green ball"; squares: "Kosui"; hexagons: "Fuyudori miyako"; circles: "Akimaki chuwase 2".

Table 5-1. Desirability ratings of 4 shredded cabbage sample

Desirability characteristics	Kosui	Greenball	Fuyudori miyako	Akimaki chuwase 2
Appearance	1.24 ^b	1.38 ^b	0.41 ^a	0.56 ^a
Color	1.18 ^a	1.43 ^a	0.38 ^b	0.37 ^b
Juiciness	0.29 ^a	1.06 ^b	0.88 ^b	1.71 ^c
Firmness	0.63 ^a	1.13 ^b	0.88 ^{ab}	1.40 ^c
Taste	0.42 ^a	0.98 ^b	0.81 ^b	1.18 ^c
Overall impression	0.42 ^a	1.07 ^b	0.55 ^a	1.14 ^b

a-c Means within the same row were separated by Duncan's Multiple Range Test, P=0.01. Values with a common letter not significantly different (P>0.01).

第6章 結論

我が国でカット野菜という流通方式がみられるようになって、10年余りが経過した。最近の調査（東京青果、1987）によると、調査対象となった外食産業の25%、主婦の20%が利用していたり、又は購入経験があるという。また、別の調査（梅沢、1989）では、野菜全流通量の2~3%に当たる600億円がカット野菜による流通とされている。このカット野菜方式による流通は、業務用はともかく、一般家庭での消費は、微生物汚染や栄養成分の減耗などから好ましい食品ではないとする意見（暮しの手帖社、1986）もあって、思ったほどは伸びていない（梅沢、1989）。

このようなカット野菜の状況について多くの議論が行われている。その簡便性などのメリットや野菜流通の合理化へのインパクトになる可能性から、カット野菜に対する行政部局・生産者などの関係者の期待は大きく（秋山、1989）、将来更に発展が期待できるとする意見が多い。また、カット野菜が始まった当初は、製造技術が未熟であったため、製造技術、品質保持技術の研究が必要とする意見が多かったが、近年は将来の発展を見越して、加工適性のある品種の育成、高品質原料野菜の契約栽培による確保などの意見も出されるようになってきている（茂木、1986、佐々木、1989）。

本研究はこのような現状と将来展望を持つカット野菜方式の発展に役立てるべく、主として加工適性の面からキャベツを対象として、実施したものである。本研究の最大の力点は好適品種を原料とすることによる高品質化においた。カット野菜には簡便性といった大きなセールスポイントはあるとはいえ、新商品ではあり、競合品である普通の野菜を上回る高品質でないかぎりその発展は望めないと判断したからである。

このような背景と全体的ねらいのもとに実施した本研究について、ここでは、各研究テーマについて、ねらい、結果、将来展望を総括する形で考察を進める。

さて、加工適性の研究では通常一定の品種の中から、目的にかなう品種を探しだす形で研究が開始される（高田、1988、佐藤、1988）。本研究ではあえてその手法を取らなかった。高品質製品生産に力点を置いたカット野菜加工適性の研究を遂行するために、キャベツの品質とは何か、その評価方法、品質変動要因や品質の品種間変異など、本研究の前半で解明しておかねばならない基礎的研究が山積していたためである。また、この種の基礎的研究の蓄積が加工適性品種の育成など将来の発展に不可欠だと考えたことにもよる。

1. 品質評価

カットキャベツの品質として何を研究対象とするかについては、官能評価結果（高橋、1970）、カット野菜工場及びカット野菜製品のユーザーからの聞き取り調査（菅原ら、1987b）、キャベツの新品種育成動向（野菜試験場企画連絡室、1981）、消費者の青果物購売意向調査（東京青果、1981）、などを検討し、硬さ、色、多汁性、食味を選び出した。この選択が的を得ていたことは、官能評価や嗜好調査の消費者パネルがこれらの形質差を容易に識別できたことでも確認できた。

従来、野菜の品質的特徴は「甘い」、「水々しい」、「歯切れがよい」、「ほろ苦い」、

「あくがある」等々といった主観的抽象的イメージで表現されることが多かった。高品質野菜とされる「青首ダイコン」、「‘グリーンボール’タイプの丸球キャベツ」、「春キャベツ」、「サラダハウレンソウ」などはすべてこのような抽象的イメージがセールスポイントになっている。しかし、理化学的計測値による裏付けはほとんどない。

このような抽象的イメージのままでは科学的な加工適性の研究はできないので、上記4項目のうち、色票との比較、クロロフィル含量で容易に評価できる色を除いて、硬さ、多汁性、食味について理化学的手法で評価する方法の検討から研究を開始した。硬さは物性値で、多汁性については圧搾汁液量という新しく開発した計測値で、食味は辛味成分であるアリルイソチオシアネート含量などで、それぞれ評価できることを確認した。これらが品質評価法として関係者に認知されるには、それなりの条件（第1章、第4節）を満たす必要があること、またこれらの評価には特殊な機器を必要としていることを勘案すると、早急に普及する可能性は少ない。しかし、本研究で加工適性の優劣、有無の判定に使用するのには十分実用性があると思われた。実際、本研究を進めるに当たって重要な武器となった。

2. 品質変動要因

カット野菜加工適性に関する研究が成功するか否かは供試材料として特徴ある品種を探し出せるかどうかにかかっている。しかし、特徴の有無は相対的なもので、我が国のキャベツが品質的にどの程度の変動幅を持っているかがわからないことには決まらない。このような判断から、第2章では品質関連形質の変動幅及び変動に影響する要因について検討を行った。変動要因には、最も一般的な品種、系統のほかに、栽培条件、気象要因がある。この3要因それぞれの重要性を知るために、第1章で有効性を確認した3種の計測値

のほか、全糖含量などの理化学的性質に対する影響の大きさを比較した。

この研究で最も知りたかったのは品種間変異が栽培や気象要因による変動に比べ、十分大きいかどうかであった。仮にそうであるとすれば我が国で生産されるキャベツの品質の変動幅≒品種間変異の幅として扱うことが可能だからである。結果的にはシュークローズなどカット野菜加工適性に比較的關係の薄い項目を除く、大部分の品質項目については、品種間変異は十分大きく、我が国の品質変動幅がそれで表わされているとして良いと判断した。

従来、品種間変異の大きさは外観的形質のみについて知らされていた（日本種苗協会、1977、1980）。本研究ではこれを品質関連形質にまで拡大することに成功した。しかも、その変動幅で我が国のキャベツの品質変動の大部分も説明できることを確認できた。この品種間変異の上限あるいは下限に近いところの品種が上述した品質的に特徴のある品種ということができると思われる。この観点に立つことによって供試品種として興味深い品種を選び出すことができた。加工歩留り関連での‘豊玉’、‘新夏秋’、品質劣化（褐変）関連での‘銀力’であり、品質関連（多汁性）での‘デリシャス’などがそれである。いずれもポピュラーな品種ではないので、多くの品種を用いて変動幅を測定しない限り発見することは不可能であった。

また、この品種間変異の研究では、品種群ごとの特徴を明らかにした。その結果、多汁性、色、硬さ及び後で述べる褐変などでは、加工適性品種を品種群との関わりで選び出すことが可能になり、カット野菜業者などが加工原料品種を探す際により使いやすい試験結果になったと考えられる。

3. 加工歩留り

本研究の主目的であるカット野菜加工適性については品質関連の2課題と加工歩留りについて調査した。カットキャベツ製品の高品質化をねらいとする本研究で、品質には直接関係しない加工歩留りを取上げたのは次のような意図があったためである。カット野菜工場で抱える最大の問題の一つは加工歩留りが低いこと（菅原ら、1987b、下島、1989）で、例えば原料15kg詰1箱から製品が平均で9kg、低い場合は7kg程度しか取れない。この低い歩留りが生産コストを引上げる最大の要因になっている。青果物の加工では漬物、ジュースなどが同様な問題を抱えており、乾物率あるいは果汁歩合など単一の因子で、歩留りの良否が判定されている。カット野菜の場合もその因子がわかれば、対策が立つに違いな

い。

結論的にいうと、キャベツの場合には1因子だけで説明するのは困難で、球重、比重が大きく芯が短く、中ろくが細いことが歩留りが大きくなるための条件であった。この条件が比較的そろった品種はサクセッション、寒玉系に多く、15kg当たり11~12kg弱と平均的な品種より15~20%高い歩留りが得られた。近年、カットキャベツ原料の契約栽培での品種選定にこの結果が活かされている。将来的には、4つの条件とも満たす品種が育成されると、更に安定した高歩留りが期待できると思われる。

4. 褐変の防止

種々の品質劣化要因のうち、カット後の褐変を、品種の違いの影響が最も大きいとして研究対象に取り上げた。その結果、ねらい通り褐変しにくい品種を探し出すことができ、その原因の生化学的解明や褐変しにくい品種の有効利用法まで明らかにできた。

今後はこの研究結果が利活用されることが期待されるが、若干の問題点が残っている。例えば、著しく褐変の少ない品種が2品種だけで、その中から褐変以外の加工適性にも優れた品種を探さねばならないことを考えると、2品種だけではいかにも少ない。さし当たっては全品種の1割程度と思われる「やや褐変しにくい品種」の中から加工適性に優れた品種を利用することが考えられる。このような品種を用いるだけでも、褐変しやすい品種を用いるよりもはるかに、品質保持は容易になるに違いない。

5. 消費者嗜好

カット野菜に対する嗜好の傾向を知る方法としては、アンケートによる方法がある（東京青果，1989）。この方法は絶対評価であり、消費者が製品間の（品種間の）品質の拮がり（あるいはその可能性）を熟知していることが前提となる。しかし、色など分かり易い形質を除けばその可能性は低い。

そこで、本研究では第2章第3節で明らかにした品質の品種間変異の幅を供試材料間に再現し、品質の拮がりを理解させながら、嗜好傾向を調べるという方法を工夫した。このような調査方法を採用したことにより、従来から知られている消費者の嗜好傾向とは異なる結果を引出すことに成功している。近年における‘グリーンボール’、‘春キャベツ’品種の急伸は消費者が緑黄色の色と軟らかい性質を好むことによるとされている（芦沢、1987）。本研究ではこの2つの性質と並んで、あるいはそれ以上に多汁性が重要視される可

能性が示された。野菜類の品質関連でこのような知見は報告されていないが、果実類で非多汁性の品種から多汁性の品種に消費の傾向が著しく移っていること（大石、1989）と符合する点があり興味深い。

本研究の特筆できる成果は以下に述べる3点に集約できる。①カット野菜という流通方式が新しいこともあって、本研究はカット野菜加工適性に関するほとんど唯一の本格的な研究で、カット野菜の先進国であるアメリカ合衆国でも報告例のない研究である。業界団体が制作中の‘カット野菜製造マニュアル’に、本研究の成果が紹介されており、今後、原料の確保、製造技術、品質保持、販売戦略等の面で、カット野菜の発展に本研究が果たす役割は大きい。②本研究では綿密な品質研究が行われている。キャベツのような葉根菜類では他に例を見ない。したがって、これらの成果は単にカット野菜に留まらず、通常流通で流通する野菜の品質向上にも貴重な示唆を与えるものと思われる。③本研究では、特にキャベツの褐変に関して、詳細な研究が行われた。ここでの基礎的知見はカットキャベツの流通技術の改善に役立つだけでなく、褐変やエチレンの作用機作の生化学的解明を目指している研究者に新しい発想と手法を提供している。

このように、本研究は今後、実用面、基礎研究の両面での貢献が期待できる。

謝 辞

本研究を行うに当たり、終始御指導いただき、論文の取りまとめに当たって御校閲の労を賜った筑波大学農林学系教授 鈴木芳夫農学博士に対し、衷心より感謝の意を表す。また論文の取りまとめに当たって御校閲の労を賜った筑波大学応用生化学系教授 新井勇治理学博士、筑波大学農林学系教授 菊池文雄農学博士、筑波大学農林学系助教授 弦間洋農学博士に対し、衷心よりお礼申し上げます。また本研究に遂行に当たり、元農林水産省野菜・茶業試験場生理生態部長太田保夫農学博士、前農林水産省食品総合研究所微生物利用第1研究室長伊藤 寛農学博士、前全国農業協同組合連合会農業技術センター主任研究員太田英明農学博士、同センター菅原 渉研究員、元東京青果株式会社取締役社長江澤正平氏、には多大な御意見、御指導を賜った。

また本研究は農林水産省野菜試験場（現野菜・茶業試験場）旧流通加工適性研究室で行い、元同研究室室長速水昭彦農学博士、同じく小浜節雄氏、同じく西条了康農学博士をはじめ、元同研究室室員石井現相氏、光前礼子氏、吉川房子氏の御指導、御協力に負うところが大きであった。ここに深謝の意を表すものである。

引用文献

- 1 阿部一博・茶珍和雄・緒方邦安. 1980. ナス果実の低温障害に関する研究(第6報). 品種間におけるナス果実の貯蔵性とフェノール含量の関係について. 園学雑. 49:269-276.
- 2 阿部一博. 1989. メリーランド州卸売市場における流通技術ならびにカット野菜・果実の利用状況. 日食低温誌. 15: 22-27
- 3 秋山登志夫. 1989. カット野菜の流通と消費. 食の科学. 137: 56-63.
- 4 有馬泰紘・堀之内哲郎・熊沢喜久雄. 1976. アンモニウムおよび硝酸イオン供給による水稻幼植物中のグルタミンシンターゼ活性の変動とその調節. I. 植物の窒素吸収同化過程におけるグルタミンの役割(第4報). 土肥誌. 47: 198-203.
- 5 芦沢正和. 1976. 1. キャベツ E. 品種. 野菜園芸大辞典. 1165-1174. 要賢堂. 東京.
- 6 芦沢正和. 1982. 1. キャベツ II. 品種. 野菜園芸ハンドブック. 803-810. 養賢堂. 東京.
- 7 芦沢正和. 1987. キャベツの育種. 野菜季報. 32: 6-9.
- 8 Ballantyne, A., R. Sarke and J. D. Selman. 1988. Modified atmosphere packaging of shredded lettuce. J. Food. Sci. Tech. 23: 267-274.
- 9 Bolin, H. R., A. E. Stafford, A. D. King JR. and C. C. Huxsoll. 1977. Factors affecting the storage stability of shredded lettuce. J. Food Sci. 42: 1319-1321.
- 10 Christensen, C. M. 1984. Food texture perception. Advances in Food Research. 29: 159-195.
- 11 Costeng, M. Y. and C. Y. Lee. 1987. Changes in apple polyphenol oxidase and polyphenol concentrations in Relation to degree of Browning. J. Agric. Food Chem. 52: 985-989.
- 12 園芸学会. 1987. 果菜類の品質に関する諸問題. -品種・作型

- ・栽培法を中心として－．昭62秋シンポジウム要旨．
- 13 江崎秀男・小野崎博通．1980．大根中の辛味成分の比色定量法
栄養と食糧．33: 161-167.
 - 14 江崎秀男・小野崎博通．1982．大根おろし辛味成分の消長につ
いて．家政学雑誌．33: 513-520.
 - 15 Friedman, B. A. 1951. Vacuum cooling of prepackaged
spinach, cole slaw and mixed salad. Proc. Amer. Soc.
Hort. Sci. 58: 279-283.
 - 16 福田博之・千葉和彦・久保田貞三．1980．リンゴ果実の肉質劣
化に伴う果肉物性の変化に関する研究．果樹試報．C. 7 : .
33-48.
 - 17 Goodwin, D. R., R. E. Bargmann and J. J. Powers. 1978.
Use of cluster analysis to evaluate sensory-objective
relations of processed green beans. J. Food Sci. 43:
1229-1234.
 - 18 原田英生．1982．外食産業における野菜仕入れの現状と消費特
性．野菜季報．17: 8-14.
 - 19 長谷 幸．1982．ガスクロマトグラフィーによる糖および糖ア
ルコールの分析法．食品分析法．212-210. 光琳．東京．
 - 20 林 建樹．1986．アスコルビン酸の科学と食品への応用．日食
工誌．33: 456-462.
 - 21 Hicks, J. R. and C. B. Hall. 1972. Control of shredded
lettuce discoloration. Proc. Florida State Hort. Soc.
85: 219-221.
 - 22 平本ふく子・松本仲子．1988．きゅうりの品質と嗜好．調理科
学．21: 206-212.
 - 23 Hollingworth, JR. and H. R. Throm. 1983. A headspace
gas chromatographic method for the rapid analysis of
ethanol in canned salmon. J. Food Sci. 48: 290-291.
 - 24 堀内久弥・西成勝好・新倉正子・袴田恵子．1976．野菜のテク

- スチャーと冷凍適性 (第1報) 小形試料を用いる冷凍ニンジンのテクスチャー測定法. 日食工誌. 23: 461-467.
- 25 堀内久弥. 1980. ダイコンのテクスチャーと冷凍処理の影響. 日食工誌. 27: 597-603.
- 26 Hus, A. F., J. J. Shieh, D. D. Bills and K. White. 1988. Inhibition of mushroom polyphenol oxidase by ascorbic acid derivatives. J. Food Sci. 53: 765-771.
- 27 Hyodo, H., H. Kuroda and S. F. Yang. 1978. Induction of phenylalanine ammonia-lyase and increase in phenolics in lettuce leaves in relation to the development of russet spotting caused by ethylene. Plant Physiol. 62: 31-35.
- 28 稲葉昭次・山本努・伊東卓爾・中村冷之輔. 1980. トマト果実の樹上成熟及び追熟中の遊離アミノ酸と可溶性ヌクレオチド含量の変化. 園学雑. 49: 435-441.
- 29 Isherwood, F. A. 1976. Mechanism of starch-sugar interconversion in Solanum Tuberosum. Phytochemistry. 15: 33-41.
- 30 石井現相・西條了康. 1986. 栽培条件がダイコンの全糖及びビタミンC含量、 β -アミラーゼ活性に及ぼす影響. 園学雑. 55: 468-475.
- 31 石井現相・西條了康. 1987. 栽培条件がダイコン搾汁中のイソチオシアネート含量に及ぼす影響. 園学雑. 56: 313-320.
- 32 石井現相・西條了康・永田雅靖. 1989. ダイコンのグルコシノレート含量の品種間差異. 日食工誌. 36: 739-742.
- 33 Ishii, G., R. Saijo and J. Mizutani. 1989. A quantitative determination of 4-methylthio-3-butenyl glucosinolate in daikon (Raphanus sativus L.) roots by gas liquid chromatography. J. Japan Soc. Hort. Sci. 58: 339-344.
- 34 石間紀男. 1969. 主成分分析. 農林研究計算セ報. A.15: 75-

- 35 Itoh, K., R. Toshida, T. Mizuno, M. Kudoh, S. Nikuni and T. Karki. 1984. Study on the contents of volatile isothiocyanate of cultivars of Brassica vegetables. Rept. Natl. Food Res. Inst. No.45: 38-41.
- 36 Itoh, H., M. Yano, N. Okada and S. Nikuni. 1985. Study on volatile isothiocyanate detected in cultivar of Brassica vegetable (part 2). Analysis of flavour of cabbage by gas-chromatography-mass spectrometry. Rept. Natl. Food Res. Inst. No.47: 41-48.
- 37 岩間誠造. 1974. キャベツの品種生態. 農業技術大系 野菜編 P3-81. 農山漁村文化協会. 東京.
- 38 岩田隆. 1977. 肉質 (Texture)の測定. 緒方邦安編. 青果保蔵汎論. 289-292. 建帛社. 東京.
- 39 Kahan, G., D. Cooper, Papavasiliou and A. Kramer. 1973. Expanded tables for determining significance of differences for ranked data. Food Technol. 27: 61-67.
- 40 果樹試験場興津支場. 1987. カンキツの調査法.
- 41 菅野紹雄・上村昭二. 1978. キューリの果皮・果肉の硬さ測定法とその品種間差異. 野菜試報. B.2. 25-42.
- 42 Kaoulla, N., A. J. Macleod and V. Gil. 1980. Investigation of Brassica oleracea and Nasturtium Officinale seeds for the presence of epithiospecifier protein. Phytochemistry. 19: 1053-1056.
- 43 河野澄夫・小野寺武夫・早川昭・川嶋浩二・岩元睦夫. 1984. カットキャベツの低温流通技術. 食総研報. 45: 86-91.
- 44 小嶋操. 1982. ワサビの科学 (11). 農及園. 57: 481-488.
- 45 小宮山美弘・原川守・辻政雄. 1979. 日本産スモモのポリフェノール含量と酵素的褐変について. 日食工誌. 26: 325-330.

- 46 Komiyama, Y., M. Harakawa and M. Tsuji. 1980. Polyphenol oxidase activity of plum (Prunus salicina) and their enzymatic browning during crushing. Agric. Biol. Chem. 44: 937-940.
- 47 暮らしの手帳社. 1986. カット野菜についての2つの疑問. 3・4月号. 64-67.
- 48 Leslie, G., W. A. West, F. Arthur, P. Badenhop and J. L. McLaughlin. 1977. Allyl isothiocyanate and allyl cyanide production in cell-free cavvage leaf extracts, shredded cabbage, and cole slaw. J. Agric. Food Chem. 25: 1234-1238.
- 49 Linda, A. D. and A. C. Mackey. 1974. Chemical and physical attributes of muskmelon related to texture. J. Texture Study. 5: 41-45.
- 50 Lizada, M. C. and S. F. Yang. 1979. A simple and sensitive assay for l-aminocyclopropane-1-carboxylic acid. Anal. Biochem. 100: 140-145.
- 51 Martens, M. 1985. Sensory and chemical quality criteria for white cabbage studied by multivariate data analysis. Lebensm.-Wissens. Technol. 18: 100-104.
- 52 Massay, L. M. and E. E. Woodams. 1973. Effect of calcium on the texture profile of irradiated carrots, beets and potatos. J. Texture Study. 4: 241-244.
- 53 Mayer, A. M. and E. Harel. 1979. Polyphenol oxidases in plants. Phytochemistry. 18: 193-215.
- 54 三浦 洋. 1987. 果実飲料の製造. 野口弥吉・川田信一郎 監修 農学大辞典. 1831. 養賢堂. 東京.
- 55 水落勤美. 1975. Mackinny法. 農林水産省農林水産技術会議事務局. 作物分析法委員会編. 栽培植物分析測定法. 387-388. 養賢堂. 東京.

- 56 茂木信太郎．1986．カット野菜の今後の動向．食品と科学．
12: 105-107.
- 57 森光国．1987．果実・野菜のカン・ビン詰の種類・原料．
野口弥吉・川田信一郎 監修．農学大辞典．1827-1828．養賢
堂．東京．
- 58 村岡信雄．1988．葉菜の一次加工と品質保持．業務用野菜の生
産及び一次加工技術の確立．農林水産技術会議事務局研究成果
210: 77-85.
- 59 永島俊夫・高野克己・松本信二・鴨居郁三．1989．オゾンによ
る食品の品質保持に関する研究．麺類・野菜類の生菌数及び品
質への影響．日食低温誌．15: 132-136.
- 60 永田雅靖・石井現相・西條了康．1989．アリルイソチオシアネ
ートによるカットキャベツの褐変防止とエチレン生成の阻害機
構．園学雑．58 (別 2): 642-643.
- 61 中林敏郎・鶴飼鴨雄．1963．酸化酵素による桃果肉の褐色変現
象．日食工誌．10: 211-216.
- 62 中林敏郎．1977．食品加工におけるポリフェノール成分の制御
日食工誌．24: 530-538.
- 63 名和義彦・細田 浩・椎名武夫・伊藤裕郎・黒木柁吉．1987a.
一次加工野菜の品質評価・保持 1．キャベツの成分変化に及
ぼす切断の影響．食総研報．No.50: 56-64.
- 64 名和義彦・細田 浩・椎名武夫・伊藤裕郎・黒木柁吉．1987b
2．品種を異にするカットキャベツの貯蔵中における全フェノー
ル含量及びポリフェノール酸化酵素活性の変動．食総研報．
No.50: 65-69.
- 65 日本色彩研究所．1984．日本園芸植物標準色表．植物標準色表
編集委員会編．東京．
- 66 日本種苗協会．1977．1．キャベツ．昭和51年度種苗特性分類
調査報告書．1-12.
- 67 日本種苗協会．1980．キャベツ．野菜品種名全監．28-36.

- 68 Noble, A. C. 1975. Instrumental analysis of the sensory properties of food. *Food Technol.* 29: 56-60.
- 69 乳井恒雄・中野智夫・神戸和猛登. 1986. リンゴ果実における理化学測定値と官能評価値の対応性. *日本栄養・食糧学会誌.* 39: 405-413.
- 70 小濱節雄. 1982a. 新規プロジェクト研究「業務用野菜の生産及び一次加工技術の確立に関する研究」について. *農流技研会報.* No.34: 2-6.
- 71 小濱節雄. 1982b. 野菜の生産条件と品質に関する研究の現状と問題点. 昭57秋. *園芸学会シンポ要旨.* 102-112.
- 72 オフィス・ジェイ・ワン. 1989. 品目別卸売市場取扱量の推移. *青果物流通統計 野菜編.*
- 73 太田英明・菅原 渉. 1987. 業務用カットレタスの製造と品質保持に関する研究. *日食工誌.* 34: 432-438.
- 74 太田英明. 1988. 一次加工野菜の製造・流通技術の現状と展望. *食品と技術.* No.116: 3-8.
- 75 太田義雄・高谷健市. 1982. アリルからし油およびエタノールの広島菜漬けに対する保存効果. *日食工誌.* 29: 672-676.
- 76 大石芳久. 1989. 市場散歩. *柑橘.* 41: 66-67.
- 77 小川敏男. 1987. 漬物の原料野菜. 野口弥吉・川田信一郎 監修. *農学大辞典.* P1825. 養賢堂. 東京.
- 78 沖 久男. 1980. 野菜一次加工実験事業の開始に当たって. *農流技研会報.* No.4: 11.
- 79 Patil, S. S. and C. S. Tang. 1974. Inhibition of ethylene evolution in papaya pulp tissue by benzyl isothiocyanate. *Plant Physiol.* 53: 585-588.
- 80 Priepke, P. E., L. S. Wei and A. I. Nelson. 1976. Refrigerated storage salad vegetables. *J. Food Sci.* 41: 379-381.
- 81 Resurreccion, A. V. and R. L. Shewfelt. 1985.

- Relationships between sensory attributes and objective measurements of post harvest quality of tomatoes. J. Food Sci. 50: 1242-1245.
- 82 Resurreccion, A. V., R. L. Shewelt, S. E. Frussia and W. C. Hurst. 1987. Relationships between sensory and objective measures of post harvest quality of snap beans as determined by cluster analysis. J. Food Sci. 52: 113-116.
- 83 坂根康秀・有田 昇・下川小百合・箴島 豊. 1990. カットキャベツの貯蔵中の変化と品質保持に関する研究. 日食工誌. 37: 281-285.
- 84 Sapers, G. M. and F. W. Douglas JR. 1987. Measurement of enzymatic browning at cut surfaces and in juice of raw apple and pear fruits. J. Food Sci. 52: 1258-1262.
- 85 Sarkar, K. S. and C. T. Phan. 1974. Effect of ethylene on the qualitative and quantitative composition of the phenol content of carrot roots. Plant Physiol. 30: 72-76.
- 86 佐々木政行. 1989. カット野菜の市場動向. 野菜園芸技術. No. 8: 5.
- 87 佐藤 裕. 1988. 業務用に適した品種の選定. 1 冷凍用果菜. 業務用野菜の生産及び一次加工技術の確立. 農林水産技術会議事務局. 研究成果. 210: 9-14.
- 88 青果物カット事業協議会. 1989. カット野菜(生食用)品質保持指針. 防菌防黴. 17: 409.
- 89 瀬古竜雄. 1969. 球径測定による立ち毛カンランの球重推測について. 新潟園試研報. 1: 167-177.
- 90 柴田茂久. 1984. 野菜の加工流通の合理化 - 一次加工野菜について -. 農流技研報. No. 59: 7-11.
- 91 推名武夫・河野澄夫・岩元睦夫. 1988. シミュレーションによ

- るカット野菜包装における内部ガス組成の解析. 園学雑. 56: 486-492.
- 92 下島邦弘. 1989. 主要野菜の業務用需要動向. 野菜季報. 37: 2-9.
- 93 品川弘子・吉田企世子. 1986. 千切りキャベツのビタミンC及び食味に関する残留塩素の影響. 調理化学. 19: 70-226.
- 94 篠原 温. 1987. 野菜の栽培条件と品質. 特に光および施肥条件とアスコルビン酸との関係. 筑波大農林学研. 3: 61-156
- 95 塩田芳之・黒木柁吉. 1969. キャベツ貯蔵中の化学成分・酵素活性の変化. 日食工誌. 16: 135-140.
- 96 食品総合研究所. 1985. 野菜の品質評価法 (IV)
- 97 Spencer, G. F. and M. E. Daxenbichr. 1980. Gas chromatography-mass spectrometry of nitrilles, isothiocyanates and oxazolidinethiones derived from cruciferous glucosinolates. J. Sci. Food Agric. 31: 359-367.
- 98 菅原 渉・河野澄夫・椎名武夫・太田英明. 1987a. カットレタスの貯蔵・流通技術. 日食低温誌. 13: 92-98.
- 99 菅原 渉・太田英明・矢野昌充・西條了康. 1987b. 一次加工用キャベツの加工適性品種に関する研究. 園学要旨. 昭62春. 484-485.
- 100 菅原 渉・河野澄夫・太田英明. 1987c. 低温貯蔵中における生栗の品質変化. 日食低温誌. 13: 3-9.
- 101 Taira S., A. Sugiura and T. Tomana. 1987. Relationships between natural flesh darkning and polyphenoloxidase activity in Japanese persimmon (Diospyros Kaki Thunb) fruits. J. Jpn. Food Tech. 34: 612-615.
- 102 高田勝也. 1988. イ. 一次加工適品種の選定. 業務用野菜の生産及び一次加工技術の確立. 農林水産技術会議事務局

研究成果 210: 25-28.

- 103 高橋和彦. 1970. キャベツ結球中の糖分の季節的変動. 園学雑
39: 29-34.
- 104 谷 旬. 1988. フレッシュカット野菜への取り組み. 農流
技研会報. No.108: 1-6.
- 105 栃木博美・矢田部健一. 1986. トマトの品質に関する産地実態
並びにその品種間差異について. 栃木農試研報. No.32: 75-86
- 106 東京青果. 1981. 第4回 青果物購買意向調査報告書.
- 107 東京青果. 1987. 第5回 青果物購買意向調査報告書.
- 108 辻村 卓. 1982. ビタミンCの定量. 食品分析ハンドブック
330-338. 建帛社. 東京.
- 109 宇敷千恵子. 1967. キャベツの品質に関する研究. 東京家政大
学卒業論文.
- 110 梅沢昌太郎. 1989. カット青果物の農産物流通への影響. 農
及園. 64: 909-914.
- 111 VanEtten, C. H., M. E. Daxenblichler, P. H. Williams,
and W. F. Kwolek. 1976. Glucosinolates and derived
products in cruciferous vegetables. Analysis of the
edible part from twenty-two varieties of cabbage. J.
Agric. Food Chem. 24: 452-455.
- 112 Vito Sciancalepore and Vincenzo Longlne. 1984. Poly-
phenol oxidase and browning in green olives. J.
Agric. Food Chem. 32: 320-321.
- 113 Yang, S. F. and N. E. Hoffman. 1984. Ethylene bio-
synthesis and its regulation in higher plants. Ann.
Rev. Plant Physiol. 35: 155-189.
- 114 矢野昌充・伊藤 洋・速水昭彦・小濱節雄. 1981a. 野菜の品
質に及ぼす栽培条件の影響に関する研究. I. キャベツ及びニ
ンジンの糖組成・含量. 野菜試報. A. 8: 58-68.
- 115 矢野昌充・伊藤 洋・速水昭彦・小濱節雄. 1981b. 野菜の品

- 質に及ぼす栽培条件の影響に関する研究. II. キャベツの結球葉の硬さ. 野菜試報. A. 8: 69-79.
- 116 矢野昌充・伊藤 洋・速水昭彦・小濱節雄. 1981c. 野菜の品質に及ぼす栽培条件の影響に関する研究. III. ニンジンの根色. 野菜試報. A. 8: 81-91.
- 117 矢野昌充. 1983. 葉根菜類の収穫時期と流通適性. 園芸学会. 昭58. シンポジウム講演要旨. 156-164.
- 118 矢野昌充・小濱節雄. 1983. 野菜の品質に及ぼす栽培条件の影響に関する研究. IV. キャベツの遊離アミノ酸組成・含量. 野菜試報. A. 11: 57-69.
- 119 矢野昌充・小濱節雄. 1984. 刻みキャベツの品質評価法. 野菜試栽培部研究年報. No.11: 152-156.
- 120 矢野昌充・西條了康・太田保夫. 1986a. イソチオシアネート類によるカットキャベツの褐変防止とエチレン生成阻害. 園学雑. 55: 194-198.
- 121 矢野昌充・西條了康・小濱節雄. 1986b. 業務用カットキャベツの加工適性関連形質と品種間差異. 野菜試報. A. 14: 103-117.
- 122 矢野昌充・西條了康. 1986c. カットキャベツの理化学的品質評価法の検討. 野菜試法. A. 14: 119-131.
- 123 矢野昌充・西條了康. 1987. 褐色変しにくい品種を用いるカットキャベツの品質保持. 日食低温誌. 13: 11-15.
- 124 Yano, M., H. Itoh and R. Saijo. 1987. Allyl isothiocyanate and its contribution to pungency in cabbage (Brassica oleracea L.). Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi. 34: 608-611.
- 125 Yano, M., R. Saijo, W. Sugawara and H. Ohta. 1990. Influence of physical and chemical properties on consumer preference of shredded cabbage. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 36: in press.

- 126 野菜試験場企画連絡室. 1981. 野菜生産に関する技術研究の方向と問題. 59.
- 127 野菜試験場. 1984. 課題別研究会議資料. 野菜の品種・栽培条件と品質.
- 128 YuLiu, N. E. Hoffman and S. F. Yang. 1985. Promotion by ethylene of the capability to convert 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid to ethylene in preclimacteric tomato and cantaloupe fruits. *Plant Physiol.* 77: 407-411.

供 試 品 種 一 覧^a (秋冬採り)

富士早生

アーリーボール (サカタ)	愛知大晩生 (愛知農総試)	赤松夏早生 (赤松)	秋王 (サカタ)
秋雲 (ノウリン)	あきばれ (山陽)	秋蒔中生2号 (タキイ)	秋蒔中早生 (石井)
秋蒔早生 (タキイ)	飛鳥三季取り (南部)	あわじ (小林)	宇治1号 (宇治)
大御所 (石井)	大空 (サカタ)	オーロラ1号 (渡辺採種)	おきな (渡辺採種)
生越 (関根)	改良南部 (渡辺採種)	輝 (協和)	夏秀 (中原)
火星 (ウエキ)	勝関 (高山)	寒取1号 (野崎)	寒取2号 (野崎)
寒取3号 (野崎)	寒みどり (ノウリン)	吉兆 (藤井)	強力理想 (大和)
金系201号 (サカタ)	錦秋 (増田)	金春 (サカタ)	金盃 (サカタ)
金風 (カネコ)	銀秋YR10号 (サカタ)	くさぶえ (岩倉)	熊本夏蒔試交2号 (熊本農試園芸支場)
雲取 (トキタ)	グリーンボール (サカタ)	けまり (野崎)	剣湖山 (協和)
甲陽 (小林)	甲陽2号 (小林)	甲陽2号 (小林)	湖月 (タキイ)
越のひかり (北越)	金剛 (ノウリン)	ゴールドンベス (渡辺農事)	さざなみ (滋賀農試)
サボイキング (サカタ)	三冠 (山陽)	さんすい (東海)	C・M (タキイ)
しおじ (岩倉)	四季穫 (タキイ)	四季穫 (高山)	四季穫 (不二)
四季取 (大和)	四季穫豊稔 (南部)	秋暉 (カイヤ)	秀月 (東北)
春夏蒔2号 (松永)	将軍 (協和)	初秋 (タキイ)	初秋取 (野崎)
初秋取り (南都)	新夏秋 (みかど)	新川崎 (松永)	新青2号 (山陽)
新中早生 (山陽)	11号 (野崎)	十月取 (石井)	18号 (タキイ)
末広 (タキイ)	涼風 (アサヒ)	すばる (岩倉)	スピードホール (渡辺採種)
青春 (渡辺採種)	早秋 (タキイ)	耐寒大御所 (石井)	耐病四季穫 (カイヤ)
たかね (岩倉)	宝 (宝)	たまづさ (岩倉)	大黒 (小林)
ダイヤ初秋穫 (トキタ)	中早生理想 (東北)	天竜 (東海)	デリシャス (渡辺採種)
トップ (丸種)	豊玉 (カイヤ)	豊光 (石井)	豊美 (アサヒ)
中早生1号 (サカタ)	中早生2号 (サカタ)	夏越 (北越)	夏玉 (高山)
夏晴 (カネコ)	夏蒔2月穫 (タキイ)	夏蒔晩春 (タキイ)	夏蒔理想 (タキイ)
夏峰 (カイヤ)	夏早生 (山陽)	ニュートップ (丸種)	野崎中生 (野崎)
ハイ・クropp (藤田)	ハイ・マート (藤田)	初雁 (愛三)	はつゆき (みかど)
はやどり (小林)	春ひかり7号 (タキイ)	晩抽理想 (タキイ)	ヒット (ウエキ)
びわみどり (滋賀農試)	深みどり (タキイ)	富士四季取 (宮坂)	冬風 (タキイ)
冬駿河 (石井)	冬穫B号 (渡辺採種)	冬穫みやこ (南都)	冬ひかり (岩倉)
ベスト (渡辺農事)	マイティ (渡辺採種)	マサゴA号 (ノウリン)	マサゴ三季 (ノウリン)
松波 (石井)	みそら (ノウリン)	みどり (タキイ)	嶺風 (カネコ)
やひこ (北越)	やまなみ (カイヤ)	やよい (山陽)	雪国 (北越)
雪みどり (北越)	葉深 (大和)	雷電2号 (宮坂)	藍寿 (ノウリン)
藍宝 (ノウリン)	立春 (渡辺採種)	両関 (武蔵野)	60 (タキイ)
Y R 伊良子 (石井)	Y R 希望 (小林)	Y R 強力はやどり (小林)	Y R 強力早生大御所 (石井)
Y R きよかぜ (石井)	Y R 金剛 (ノウリン)	Y R 50号 (タキイ)	Y R 300 (山陽)
Y R 泰山 (石井)	Y R 轟 (協和)	Y R 260号 (山陽)	Y R はまゆら (石井)
Y R 藍山 (ノウリン)	Y R 藍秀 (ノウリン)	若草二月取り (南都)	和光四季取 (南都)
早生 (野崎)	早生秋宝 (山陽)	早生みくに (カネコ)	早生やよい (山陽)
征将 (協和)	舞鶴 (東洋育研)	みはま (野崎)	やまばと (小林)
Y R 招福 (カネコ)	エムスリー (丸種)	ケルン (サカタ)	大黒301 (小林)
Y R 早秋どり錦秋 (増田)			計 170 品種

^a 品種の配列は野菜品種名鑑(11)の配列順とした。

() 内は種苗会社名

供 試 品 種 一 覧² (初夏採り)

富士早生	葉 深				
青 空 (サカタ)	秋 雲 (ノウリン)	秋蒔中生2号 (タキイ)	秋蒔中早生 (タキイ)	秋蒔中早生 (タキイ)	秋蒔中早生 (タキイ)
秋蒔中早生 (石井)	秋蒔中早生2号 (タキイ)	秋蒔早生 (タキイ)	宇治1号 (丸種)	オーロラ1号 (渡辺採種)	金 春 (サカタ)
F1 三池 (カイヤ)	大御所 (石井)	大 空 (サカタ)	金系201号 (サカタ)	銀 力 (大和)	け ま り (野崎)
生 越 (カネコ)	晩夏蒔四月穫 (タキイ)	ぎんみどり (石井)	グリーンボール (サカタ)	越のひかり (北越)	金 剛 (ノウリン)
金熊本夏蒔 試交2号 (熊本農試 園芸支場)	金 力 (大和)	グリーンボール (サカタ)	四季エース (東北)	四季穫 (タキイ)	秋 徳 (タキイ)
剣 山 (協和)	グリーンドライト (みかど)	グリーンプール (サカタ)	秋 暉 (カイヤ)	初夏みどり (大和)	新 夏 秋 (みかど)
ゴールドデ ンベス ト (渡辺農事)	光 悦 (高山)	越のひかり (北越)	初 燕 (アサヒ)	新 夏 秋 (みかど)	青 春 (渡辺採種)
四 季 穫 (高山)	C · M (タキイ)	四季エース (東北)	新 A 号 (渡辺採種)	青 春 (渡辺採種)	耐病四季穫 (カイヤ)
春夏蒔2号 (松永)	四 季 取 (大和)	秋 暉 (カイヤ)	スピードボール (渡辺採種)	耐病四季穫 (カイヤ)	中早生理想 (東北)
初 秋 (タキイ)	将 軍 (協和)	初 燕 (アサヒ)	耐病 S T (増田)	中早生理想 (東北)	豊 玉 (カイヤ)
1 1 号 (野崎)	初 秋 取 (野崎)	新 A 号 (渡辺採種)	中 早 生 (増田)	中早生理想 (東北)	夏 峰 (カイヤ)
早 秋 (タキイ)	十 月 取 (石井)	スピードボール (渡辺採種)	デリシャス (渡辺採種)	春ひかり7号 (タキイ)	ベ ス ト (渡辺農事)
宝 (宝)	耐 寒 理 想 (大和)	耐病 S T (増田)	夏 晴 (カネコ)	み さ き (サカタ)	や よ い (山陽)
天 竜 (東海)	た ち ば な (ノウリン)	中 早 生 (増田)	野崎中生 (野崎)	や よ い (山陽)	60 (タキイ)
中早生1号 (サカタ)	デライト Y R (みかど)	デリシャス (渡辺採種)	富士四季取 (宮坂)	60 (タキイ)	Y R 藍 秀 (ノウリン)
南 風 (渡辺採種)	デライト Y R (みかど)	夏 晴 (カネコ)	マサゴ三季 (ノウリン)	Y R 藍 秀 (ノウリン)	若 夏 (協和)
ヒ ッ ト (ウエキ)	中早生2号 (サカタ)	野崎中生 (野崎)	やまなみ (カイヤ)	若 夏 (協和)	ケ ル ン (サカタ)
マイテイ (渡辺採種)	2 号 (野崎)	野崎中生 (野崎)	緑新中早生 (タキイ)	ケ ル ン (サカタ)	計 99 品 種
嶺 風 (カネコ)	深 み ど り (タキイ)	富士四季取 (宮坂)	Y R 藍 山 (ノウリン)		
葉 深 (大和)	マサゴ A 号 (ノウリン)	マサゴ三季 (ノウリン)	早生豊玉 (トキタ)		
Y R 英春 (協和)	や ひ こ (北越)	やまなみ (カイヤ)	み は ま (野崎)		
和光四季取 (南都)	40 (タキイ)	緑新中早生 (タキイ)			
渡辺成功 (渡辺採種)	Y R 50 号 (タキイ)	Y R 藍 山 (ノウリン)			
Y R 早どり錦秋 (増田)	早 生 (タキイ)	早生豊玉 (トキタ)			
	舞 鶴 (東洋育研)	み は ま (野崎)			