

北海道産大豆の成分特性および豆腐加工適性の評価

谷藤 健 加藤 淳

北海道内で2001年と2002年に生産された大豆品種および育成系統の成分含有率（タンパク質、脂質、全糖）を分析するとともに、少量豆腐調製法を検討し、豆腐の硬さを評価した。タンパク質含有率の分布は2か年とも同様であったが、脂質および全糖の含有率には年次間で差異が見られ、登熟期間が低温で推移した2002年において、2001年よりも脂質含有率が低く、全糖含有率は高い傾向にあった。豆腐の硬さは、道内品種中では「トヨムスメ」が最も高かった。豆腐の硬さは、タンパク質含有率との間に高い正の相関を認めたが、タンパク質含有率が中程度の試料においては、豆腐の硬さの分布幅が大きく、タンパク質含有率以外の要因の影響も示唆された。また、豆腐の硬さは大豆の水漬増加率、すなわち種子の吸水性との間にも負の相関が認められた。その他、道産銘柄とよまさりを構成する主要3品種（「トヨムスメ」「トヨコマチ」「ユキホマレ」）についてタンパク質含有率と豆腐の硬さの関係を見たところ、これらの関係は異なる二次回帰曲線で表され、タンパク質の上昇に伴う豆腐の硬さの増加には品種別に上限が存在することが示唆された。3品種間の比較では、この上限が最も高いのは「トヨムスメ」、低いのは「ユキホマレ」とみられ、両品種の豆腐加工適性は明らかに異っていた。

緒 言

我が国の大豆生産量は、食糧自給率向上を目指した「新たな大豆政策大綱」（平成11年）等の諸政策を受けて大きく増加し、平成14年は270,200tと、作付面積、生産高ともに低迷した平成5～6年に比べて2.5倍強の伸びを示している（農林水産省統計）。特に、北海道では道央地域の水田転換畑における作付面積が大幅な伸びを示し、国内の大豆生産量の伸びをリードしている。

北海道産大豆は、多くが白目中～大粒のとよまさり銘柄として流通している。これらは外観品質が優れ、糖分含量が輸入大豆および道外産大豆に比べて高いことから、煮豆・総菜用としての評価が高く、多くがこうした用途に仕向けられている。しかし、国産大豆の需要を用途別に見た場合、煮豆・総菜用は10,000t前後での小幅の推移にとどまっている¹⁾ことから、現在の生産状況では他の仕向け先を確保していく必要がある。その場合、国産大豆需要量の50%前後を常に占めている豆腐・油揚げ用途²⁾が最も有望である。

道産大豆の豆腐用としての品質を見た場合、糖分含有率が高いことは味の良さとして評価されている。その一方、タンパク質含有率が低いために凝固性が劣り、豆腐

としては柔らかく収率も低いなど、加工適性に劣る点³⁾が実需者より指摘されている。豆腐用大豆としては福岡県産「フクユタカ」等が高い評価を受けているが、道産大豆にもこれらと同等の豆腐加工適性が求められており、品種育成や栽培法の開発、および品質評価法の確立が急務となっている。しかし、これまで道内品種および育成系統の豆腐加工適性の評価は実需者に一部が委託されるのみであり、多数の材料について豆腐加工適性の品種・系統間差や栽培地間差、栽培条件等による差異を比較した例はない。そこで、これらの試験推進を図ることを目的として、豆腐加工適性、中でも豆腐の硬さに関して少量・多品目の材料に対応できる評価法を確立し、道内各地で生産された大豆品種、および育成系統の豆腐加工適性の評価を試みるとともに、豆腐の硬さと成分含有率等の原料特性との関連性もあわせて検討したので報告する。

試験方法

1 供試材料

2001年産大豆は、道内44市町村、および道立十勝農業試験場、中央農業試験場において生産された23品種・系統139点、並びに道外産比較品種2点（福岡県産「フクユタカ」、新潟県産「エンレイ」）の合計141点を供試した。2002年産は、道内22市町村および十勝農業試験場、中央農業試験場、上川農業試験場の生産物20品種・系統104点、並びに道外産比較品種2点（同上）の合計106点

2004年1月30日受理

北海道立中央農業試験場, 069-1395 夕張郡長沼町

E-mail:tanik@agri.pref.hokkaido.jp

を供試した。

2 成分分析

全粒試料各50gをRetch粉砕器で粉砕し(スクリーンサイズ0.5mm)、成分分析用試料とした。タンパク質含有率はマクロケルダール法(窒素換算係数6.25)、脂質含有率はソックスレー抽出法(ジエチルエーテルを溶媒とし、80℃・7時間抽出)によりそれぞれ分析した。全糖含有率は、粉砕試料1gを0.7N塩酸中で98℃・4時間加水分解後、フェノール硫酸法で分析した。

3 豆腐の調製

(1) 豆乳の調製

大豆試料各40gを秤量し、200~250mlの脱塩水を加えて20℃恒温器で18時間浸漬した。水浸後の試料は遠心分離機(コクサン製H-112型)を用い、約1,500rpmで水切り後秤量し、原料大豆の水漬による重量の増加率(水漬増加率; 水漬後重量×100/大豆乾物重)を求めた。水漬大豆には脱塩水を加え、ブレンダー(Waring Blender 7012)で60秒間ホモジナイズした。生呉汁は同遠心分離機付属のメッシュ袋に移し、ブレンダー内の残渣は数度に分けて洗浄後、生呉汁に加えた。加水量の合計は試料乾重比6倍量とした。生呉汁は遠心分離し、生搾り豆乳を得た。生呉汁の遠心分離は、おからの飛散を防ぐために極低速(約250rpm)から高速に徐々に回転を変えながら行い、最高速(約5,000rpm)で生豆乳の流出がほぼ止まるまで続けた。分離した生豆乳は容器(500ml ビーカー)をアルミホイルで密閉し、試料のホモジナイズ開始から10分後に沸騰湯浴中に入れ、17分間加熱した。加熱後直ちに氷水中で冷却し、50ml スクリューキャップ付き試験管に1試料あたり6反復、各々25ml 分注して氷浴中に静置した。2002年産試料のみ、採取した2gの豆乳からマクロケルダール法にてタンパク質含有率(窒素換算係数6.25)を分析し、さらにタンパク質移行率(豆乳中の全タンパク質量×100/大豆試料中(40g)の全タンパク質量)を求めた。

(2) 充填豆腐の調製

各豆乳には塩化マグネシウム(6水和物)62.5%(w/v)水溶液0.1mlを加えて(豆乳中濃度0.25%(w/v))速やかに混合後、充填容器(Nargen製ポリプロピレン広口円筒容器、30ml、スクリューキャップ付、内径32.3mm)に移し、蓋をして80℃湯浴中に40分間静置した。その後直ちに氷冷し、30分後に20℃恒温器に移した。

4 豆腐の硬さ(破断応力)の測定

20℃恒温器に1時間静置した豆腐(直径32.3mm、高

さ30.5mmの円柱形)を貫入試験による硬さ(破断応力)の測定に供試した。測定にはテクスチャーアナライザー(SMS社製TA-XT2i)を用いた。直径1.0cmのエポナイト製円柱型プランジャーを使用し、貫入速度は1mm/s、貫入長は15mmに設定した。充填容器中の豆腐を平滑なアルミ皿に移して測定台上に設置し、測定面(充填容器の底面部位)中央部の破断応力(N・m⁻²)を求めた。6反復中の最大値と最小値を除いた4反復の平均値を、各大豆試料の豆腐の硬さとした。

結果

1 原料大豆の成分含有率

供試材料の各成分含有率の度数分布を図1~3に示した。タンパク質含有率(図1)は2か年とも40~42%、次いで42~44%の範囲に多く分布した。46%を超えるタンパク質含有率を示したのは、多くが十勝農試の高タンパク質育成系統であった。とよまさり銘柄構成品種別のタンパク質含有率を比較すると、2か年とも「トヨムスメ」が最も高く、「ユキホマレ」が最も低かった(表1)。「トヨコマチ」はこれらのほぼ中間であった。道外産品種では「エンレイ」が「トヨムスメ」とほぼ同等、「フクユタカ」はやや低い傾向を示し、いずれも、2か年とも道内品種と比べて明らかな差は見られなかった。脂質含有率の度数分布(図2)は2か年でやや異なり、2002年は2001年に比較して低い傾向を示した。北海道においては、2002年の夏期は低温傾向であり、道南を除いて、特に8月の平均気温が2001年より低く推移した(全道アメダスデータ)。脂質含有率は高温登熟条件下で高まることから¹²⁾、脂質含有率の傾向には2か年の気象要因の違いが反映したものと考えられた。全糖含有率の度数分布(図3)は、2002年が2001年を上回る傾向を示した。全糖は脂質とは逆に低温登熟環境下で高まる¹²⁾ことから、全糖含有率の傾向にも両年の気象条件の違いが反映したと考えられた。また、道外産2品種との比較で

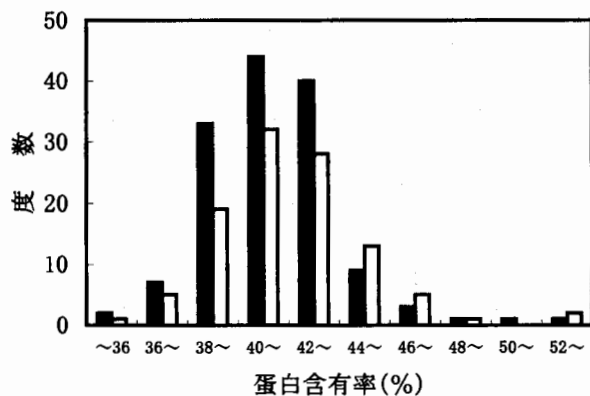


図1 蛋白含有率の度数分布

■: 2001年産 (141点) □: 2002年産 (106点)

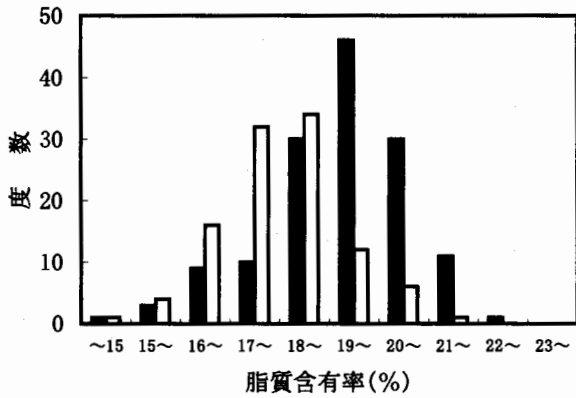


図2 脂質含有率の度数分布

■：2001年産 (141点) □：2002年産 (106点)

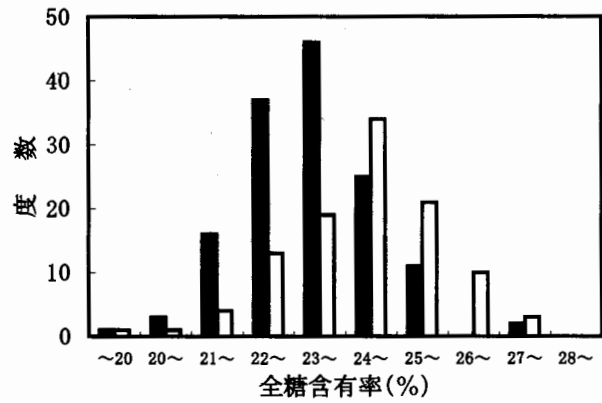


図3 全糖含有率の度数分布

■：2001年産 (141点) □：2002年産 (106点)

表1 主な供試品種の成分含有率および豆腐調製に係る特性値

種別	品種名	生産年	供試料数	大豆試料分析値			豆乳調製特性値			豆腐破断応力 (10 ² N・m ⁻²)
				蛋白質含有率 (%DB)	脂質含有率 (%DB)	全糖含有率 (%DB)	水漬増加率 (%)	豆乳蛋白質含有率 (%)	蛋白質移行率 (%)	
とよまさり銘柄構成品種	トヨムスメ	2001	22	43.0	18.5	22.8	253	—	—	70.6
		2002	18	43.2	17.8	23.6	254	4.43	72.2	76.3
	トヨコマチ	2001	49	41.0	19.5	23.3	261	—	—	52.3
		2002	24	41.5	17.9	24.7	261	4.22	70.8	62.9
	ユキホマレ	2001	20	40.0	19.2	24.0	262	—	—	44.7
		2002	26	40.0	18.1	25.3	264	3.96	69.0	49.7
	トヨホマレ	2001	11	40.3	19.5	24.4	261	—	—	49.9
		2002	4	41.7	18.2	24.6	263	4.37	74.1	49.3
カリユタカ	2001	3	41.6	20.0	23.6	244	—	—	68.1	
その他の主な道産品種	ユウヅル	2001	8	41.5	18.8	23.5	255	—	—	53.4
		2002	10	42.6	17.5	23.9	260	4.30	70.3	58.0
	ツルムスメ	2001	5	39.5	20.7	23.1	261	—	—	55.2
		2002	2	39.5	20.3	24.1	264	4.29	77.9	64.6
	キタムスメ	2001	4	37.9	20.6	24.2	261	—	—	45.5
	ハヤヒカリ	2001	2	39.7	20.7	24.4	257	—	—	44.9
音更大袖	2001	2	42.6	18.6	25.1	255	—	—	57.9	
道外産比較品種	フクユタカ	2001	1	41.9	20.8	21.0	242	—	—	80.0
		2002	1	42.6	20.2	22.2	244	4.52	73.1	91.4
	エンレイ	2001	1	43.6	20.4	19.2	254	—	—	68.2
		2002	1	43.0	20.3	21.9	251	4.58	75.5	73.1

注) 各分析値および特性値は各品種の平均値を示す。
豆乳蛋白質含有率および蛋白質移行率は2002年産のみ。

は、道産大豆の全糖含有率は概ね高い傾向を示した(表1)。

2 豆乳の調製に係る諸特性

大豆の吸水性の目安となる水漬増加率については、2か年の度数分布(図4)、および品種別の値(表1)を比較すると、年次による差異はほとんど認められず、気象要因による変動は小さいと考えられた。各年とも分布範囲は約240~280%であった。道内品種は概ね250~

270%に分布しており、品種別平均では、「カリユタカ」が244%で特に低く、「トヨムスメ」が253、254%で続いた。「トヨコマチ」、「ユキホマレ」等は260%を超えて高い吸水性を示した。道外産品種では、「フクユタカ」は供試材料中で最も低く、「エンレイ」は「トヨムスメ」と同程度であった。

豆乳タンパク質含有率の度数分布(図5)は、4.2~4.4%、次いで4.0~4.2%の範囲に最も多く分布した。道内品種の比較では「トヨムスメ」が最も高く、概ね大

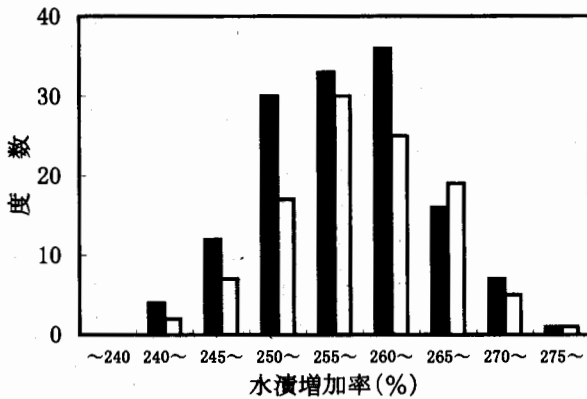


図4 大豆水漬増加率の度数分布

■：2001年産 (141点) □：2002年産 (106点)

豆試料中のタンパク質含有率 (以下大豆タンパク質含有率) の傾向と同様であった (表1)。しかし「ツルムスメ」の場合、2002年産の大豆タンパク質含有率は道内品種中で最も低かったが、豆乳のタンパク質含有率は「トヨコマチ」をやや上回り、豆乳へのタンパク質移行率は最も高かった。一方、「ユキホマレ」は、大豆タンパク質含有率は「ツルムスメ」に次いで低く、さらに豆乳のタンパク質含有率も低かったことから、タンパク質移行率も最も低い値を示した。

3 豆腐の硬さ

各供試材料の豆腐破断応力の度数分布を図6に、主な品種間の比較を表1に示した。道内品種・系統では、高タンパク質育成系統の一部 (データ省略) を除けば、最も高い破断応力値は「フクユタカ」と同程度 (2001年：8,000N・m²前後、2002年：9,000N・m²前後、図6) であった。最頻値は、2001年は5,000~6,000N・m²、2002年は6,000~7,000N・m²で、「トヨコマチ」が概ねこの範囲に含まれた。また、とよまさり銘柄構成品種を比較すると、「ユキホマレ」、または「トヨホマレ」が最も低く、「トヨコマチ」が続いた。「トヨムスメ」は、こ

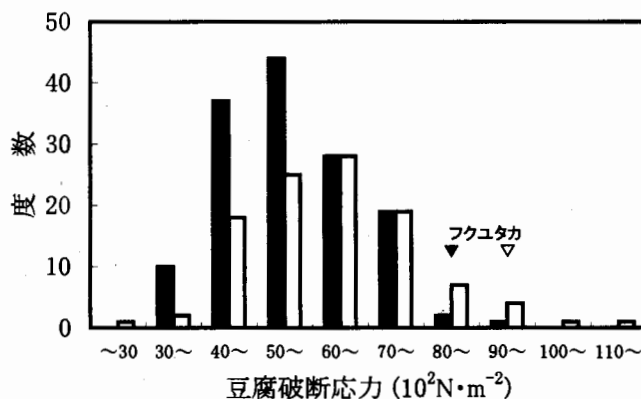


図6 豆腐破断応力の度数分布

■：2001年産 (141点) □：2002年産 (106点)

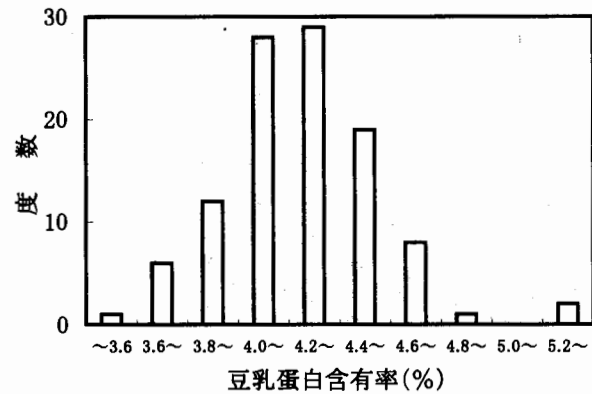


図5 豆乳蛋白含有率の度数分布 (2002年産, 106点)

れら3品種に比べると2か年とも明らかに高く、「エンレイ」と同等の値を示した。2001年の「カリユタカ」は「トヨムスメ」に近い値を示したが、その他の道内品種は概ね4,000~6,000N・m²の範囲にあり、「トヨムスメ」と同等以上の硬さを示したものは見られなかった。

考 察

1 加工適性評価のための少量豆腐調製条件

一般的な豆腐製造工程に則して豆腐加工適性を評価しようとする場合、豆乳調製は、呉汁を直火あるいは蒸気通気で加熱・沸騰後に豆乳を分離する方法 (加熱搾り) で行う必要がある。しかしこの方法は熟練を要し、少量・多品目の試料に対応するのは困難であることから、育種試験などにおける豆乳調製は、操作がより簡易な生搾り後加熱によるものが多い。しかし、実需者による豆腐加工適性評価はほとんどが加熱搾り豆乳によるものであり、豆腐の性状も両者は全く異なるという意見も聞かれる。これらの差異に大きく関与すると考えられるのがリポキシゲナーゼ (LOX) 活性であり⁹⁾¹⁰⁾、特に豆腐の味や色も含めた総合的な評価を行う場合は豆乳調製法の差異を十分に考慮する必要がある。また豆腐の硬さに関しても、LOXはタンパク質の-SH基を酸化し、豆腐を柔らかくさせることが示唆されている⁹⁾ことから、本試験ではLOXによる影響を一定にすべく、水漬大豆のホモジナイズ開始から加熱までに要する時間を10分と設定した。

加熱時間については、生搾り豆乳の場合、沸騰浴中での湯煎で95℃到達後3分ないし5分という条件が報告されている¹⁰⁾が、それに則し、本試験での加熱時間は、生豆乳を沸騰浴投入後、品温が周囲の湯温 (98℃) に達するまでに要した時間 (約12分) に5分を加算し、17分間とした。

充填豆腐の凝固剤については、適量範囲が広く凝固反応も緩やかな硫酸カルシウム、またはグルコノデル

タラクトン (GDL) が適していると考えられたが、実需における道産大豆を用いた豆腐製造では、現在、塩化マグネシウム系の凝固剤が主流であることから、その実態に則して塩化マグネシウムを用い、濃度は実需者評価試験にも多く採用されている0.25%とした。

また、豆腐の買入試験においては、プランジャー径および買入長に対して十分に広い測定面積と厚さを持つことが必要である⁹⁾ことから、それに適した大きさ、容量の充填容器を用いることが望ましい。本試験で用いた充填容器はこの目的に適合すると考えられ、また測定面と底面がほぼ平行で試料の高さも一定であることから、測定面の調整が不要で、簡便かつ迅速に破断応力の測定が可能であった。破断応力の再現性については、供試材料にも含まれる3試料(「フクユタカ」、「エンレイ」、「トヨコマチ」、いずれも2001年産)について検討したところ、いずれの品種も、同一試験(n=4)における破断応力の変動係数は概ね1~4%、異なる試験日にわたる平均値間(n=5ないし9)の変動係数も2~3%といずれも低く、高い再現性が確認された(表2)。またこれらの品種については、直火加熱搾り豆乳による充填豆腐の破断応力も測定したところ、品種間の傾向は生搾り豆乳とほぼ同一であった(データ省略)。

以上のことから、本試験の条件において調製した充填豆腐は、硬さに関しては大豆試料間の差を十分に反映す

るものと考えられた。

2 成分特性と豆腐の硬さとの関連性

豆腐の破断応力と各成分含有率との関連性を見ると(表3)、特にタンパク質(大豆および豆乳中)含有率との間に密接な関連性が認められた。しかし、個々の試料について大豆タンパク質含有率と破断応力との関係(図7)を見ると、2か年とも、42~44%前後の中程度のタンパク質含有率において破断応力の分布幅は特に広く、この範囲ではタンパク質含有率のみから豆腐の硬さを推定するのは困難と考えられた。すなわち、度数の大きさに比してタンパク質含有率の分布幅が狭いこの範囲においては、豆腐の硬さの差にタンパク質含有率以外の影響が表われやすいと推察され、その要因としては、第一にタンパク質の質的な差異が考えられた。大豆グロブリン11Sと7Sの比率が豆腐の硬さに影響し、11Sが高ければ豆腐は硬くなりやすいことは以前より指摘されており¹⁰⁾、11Sと7Sは凝固反応が異なることも示されている¹¹⁾。また、11Sの凝固性は品種によって異なっており、11S構成サブユニットの1つであるIIaサブユニット(A4¹⁵⁾あるいはA5サブユニット¹⁷⁾とも呼称されたが、最近では、同じ遺伝子に支配される他のサブユニットも含めたグループとして、IIaサブユニットという呼称が一般的である)の有無が豆腐の硬さに関与している

表2 豆腐破断応力の再現性評価

試験No.	フクユタカ		エンレイ		トヨコマチ	
	豆腐破断応力(10 ² N・m ⁻²)	変動係数(%)	豆腐破断応力(10 ² N・m ⁻²)	変動係数(%)	豆腐破断応力(10 ² N・m ⁻²)	変動係数(%)
1	77.2	3.8	67.2	3.7	51.6	3.6
2	82.7	1.2	70.0	0.8	52.2	3.7
3	80.2	3.7	67.8	2.0	56.3	1.0
4	80.0	1.4	69.1	2.7	53.7	2.5
5	76.2	2.5	66.8	3.5	54.2	2.5
6	-	-	-	-	50.7	1.7
7	-	-	-	-	52.6	1.3
8	-	-	-	-	54.6	1.9
9	-	-	-	-	52.6	2.3
平均	79.3		68.2		53.2	
変動係数(%)	3.3		2.0		3.2	

注) 各試験No.における数値は、4反復の平均値および変動係数を示す。

表3 各成分含有率および特性値間の相関関係

項目	蛋白含有率		脂質含有率		全糖含有率		豆乳蛋白含有率	水漬増加率	
脂質含有率	-0.78**	-0.73**							
全糖含有率	-0.36**	-0.58**	-0.07	-0.07					
豆乳蛋白含有率	-	0.76**	-	-0.36**	-	-0.66**			
水漬増加率	-0.33**	-0.44**	0.05	0.12	0.40**	0.47**	-	-0.55**	
豆腐破断応力	0.74**	0.69**	-0.48**	-0.26**	-0.43**	-0.59**	-	0.73**	-0.51** -0.64**

注) 相関係数の左列は2001年産(n=141)、右列は2002年産(n=106)を示す。**: p<0.01

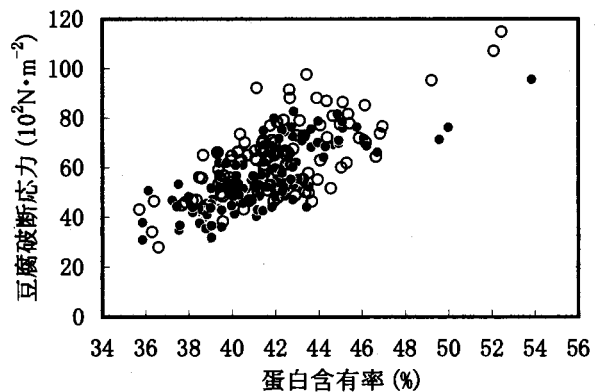


図7 蛋白含有率と豆腐破断応力の関係

●: 2001年産 (r=0.74**)
○: 2002年産 (r=0.69**), **: p<0.01

可能性が報告されている⁷⁾¹⁵⁾。すなわち、IIaサブユニットを有する品種に比べ、これを欠失している品種の豆腐は硬い傾向があり、優れた豆腐加工適性を有する「エンレイ」はIIa欠失タイプに属していることが示された。しかしながら、サブユニット構成および11S/7S比が異なる準同質系統群を用いた比較では、IIaサブユニットが欠失しても、それに伴う11S/7S比減少の影響が大きく、豆腐はむしろ柔らかくなったことが示されており¹⁴⁾、IIaサブユニット欠失の効果については不明な点も残されている。北海道内の大豆品種はいずれもIIaサブユニットを有し、他のサブユニット構成にも明らかな差異は認められなかった(未発表)ことから、豆腐の硬さに影響を及ぼすと考えられるタンパク質の質的差異は現在のところ見出されていないが、11S/7S比をはじめとして、道内品種のタンパク質の質的差異については今後さらに詳しく検証する必要がある。

タンパク質以外の成分については、脂質含有率、および全糖含有率も豆腐破断応力と有意な相関関係を示しており(表3)、これらの成分が豆腐の硬さに及ぼす影響についても無視できないと考えられる。これらの成分の含有率の差異については、遺伝的要因もさることながら、栽培環境要因によるところが大きい。脂質および全糖含量の変動に対する寄与率は品種より栽培年の方が高く、特に全糖含量の変動に関しては栽培地の寄与も大きいと言われる¹²⁾。従って、同程度のタンパク質含有率の同一品種においても、こうした要因によって豆腐の硬さに差が生ずる可能性が考えられた。

また本試験では、大豆の水漬による重量増加率と豆腐破断応力との間に有意に高い負の相関関係が認められ(表3)、豆腐の硬さに対する大豆種子の吸水性の影響が示唆された。中尾らの報告⁹⁾等から見ても、大豆種子中で特に吸水性に影響するのは多糖類成分であると考えられる。本試験においては、大豆乾重に対するおから重量(湿重)比と、豆乳へのタンパク質移行率との間には有意な負の相関関係が認められ($r = -0.67^{**}$, $p < 0.01$, 2002年産)、不溶性多糖類を含むおから成分が豆乳へのタンパク質移行を阻害している傾向を示した。また一方では、大豆種子中には各種の水溶性多糖類も存在しており²⁾、その多くは豆乳に移行すると考えられることから、これらが豆腐の凝固性に及ぼす影響についても明らかにしていく必要がある。

3 タンパク質含有率に対応する豆腐の硬さの品種特性

道産大豆の多くはとよまさり銘柄として流通しているが、同一銘柄をなす品種間で豆腐加工適性が大きく異なるのであれば実需者にとって好ましいことではない。特に、タンパク質含有率が同程度の原料であっても、品種

によって加工適性に差が生じるのでは製造工程上の支障が大きいと考えられるが、こうした品種特性の差異については詳しく分かっていない。そこで本試験では、供試材料から、とよまさり銘柄の主要構成品種「トヨムスメ」「トヨコマチ」「ユキホマレ」の3品種について、2か年のタンパク質含有率と豆腐破断応力との関係を調べた。その結果、いずれの品種においても両者の関係は、タンパク質含有率約42~45%の間に最大の破断応力を示す、異なる二次回帰曲線で表された(図8および図9)。すなわち、単一品種においては、タンパク質含有率が豆腐の硬さに影響する範囲は限られており、この範囲を超えてタンパク質含有率が上昇しても豆腐の硬さの増加には結びつかず、タンパク質含有率の変化に対応する豆腐の硬さには上限が存在することが示唆された。3品種の比較では、この上限が最も高いのは「トヨムスメ」、低いのは「ユキホマレ」と見られた。両品種の豆腐の硬さの差は、35%程度の低タンパク質含有率においては小さいものの、タンパク質含有率の上昇に伴う硬さの増加は、「ユキホマレ」よりも「トヨムスメ」が明ら

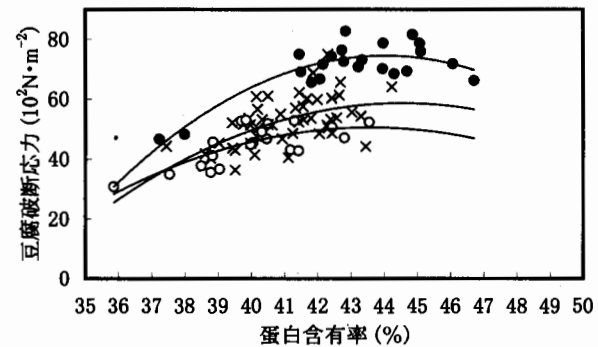


図8 とよまさり構成品種の蛋白含有率と豆腐破断応力の関係 (2001年産)

●:「トヨムスメ」($r=0.87^{**}$), ×:「トヨコマチ」($r=0.58^{**}$), ○:「ユキホマレ」($r=0.77^{**}$), $p < 0.01$

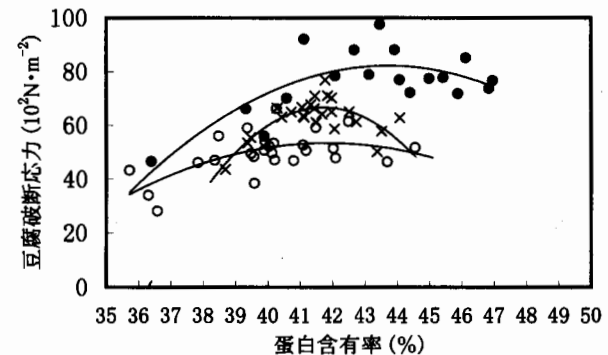


図9 とよまさり構成品種の蛋白含有率と豆腐破断応力の関係 (2002年産)

●:「トヨムスメ」($r=0.76^{**}$), ×:「トヨコマチ」($r=0.77^{**}$), ○:「ユキホマレ」($r=0.63^{**}$), $p < 0.01$

かに大きかった。また、42~43%を超えるタンパク質含有率では、両品種とも豆腐の硬さはほぼ上限に到達していると見られた。従って「ユキホマレ」は、タンパク質含有率が同程度の「トヨムスメ」と比較しても豆腐の硬さは同等にはならず、両品種の特性は明らかに異なると考えられた。また、「トヨコマチ」は、「トヨムスメ」と「ユキホマレ」の中間的な傾向を示していた。

以上のように、とよまさり銘柄構成品種の中でも、品種によってタンパク質含有率と豆腐の硬さの関係は異なることが認められ、同一銘柄にあっても、豆腐原料としての流通は明確に品種別であることが望ましいと考えられた。他方、これらの結果は、品種別に豆腐の硬さのポテンシャルを引き出す最適なタンパク質含有率が存在することも示唆している。無論、各品種が有する真のポテンシャルは、最適タンパク質含有率のみならず、タンパク質以外の成分の影響、凝固剤濃度¹³⁾など加工法の影響、さらにこれらの交互作用も含めて総合的に検証されるべきものであるが、こうした概念は、豆腐用大豆栽培において目標タンパク値設定の指標としても活用できる可能性が考えられた。

謝 辞 本稿の作成にあたり、中央農業試験場農産工学科部長村上紀夫博士（現 ホクレン農業協同組合連合会）、同谷口健雄副部長には懇切なご校閲をいただいた。また、試験サンプルの入手にあたっては中央農試畑作科、十勝農試大豆科、および中央農試・上川農試・道南農試・十勝農試・北見農試の各技術普及部、並びに関係普及センター各位に多大なご協力をいただいた。ここに深く感謝の意を表す。

引用文献

- 1) 北海道農政部農産園芸課. “麦類・豆類・雑穀便覧”. 2001. 83p.
- 2) 加藤尚, 高八忠弘, 笠井忠. “ダイズ種子の可溶性多糖類とその構成糖に関する研究”. 日作紀. 66, 62-66 (1997).
- 3) 神山かおる, 西成勝好. “豆腐の物性測定に影響する諸因子の検討”. 日食工誌. 39, 715-721 (1992).
- 4) Kohyama, K., and Nishinari, K., “Rheological studies on the gelation process of soybean 7S and 11S proteins in the presence of glucono- δ -lactone”. *J. Agric. Food Chem.*, 41, 8-14 (1993).
- 5) Kohyama, K., Murata, M., Tani, F., Sano, Y., and Doi, E., “Effects of protein composition on gelation of mixtures containing soybean 7S and 11S globulins”. *Biosci. Biotech. Biochem.*, 59, 240-245 (1995).
- 6) 中尾行宏, 矢田英雄. “大豆多糖類加工品の機能性”. 日食工誌. 31, 299-305 (1984).
- 7) Nishinari, K., Kohyama, K., Zhang, Y., Kitamura, K., Sugimoto, T., Saio, K., and Kawamura, Y., “Rheological study on the effect of the A5 subunit on the gelation characteristics of soybean proteins”. *Agric. Biol. Chem.*, 55, 351-355 (1991).
- 8) Obata, A. and Matsuura, M., “Decrease in the gel strength of tofu caused by an enzyme reaction during soybean grinding and its control”. *Biosci. Biotech. Biochem.*, 57, 542-545 (1993).
- 9) 小幡明雄, 松浦勝. “大豆磨砕におけるリポキシゲナーゼによる豆乳の色調変化”. 食科工. 44, 768-773 (1997).
- 10) Saio, K., Komiya, M., and Watanabe, T., “Food processing characteristics of soybean 11S and 7S proteins. Part I. Effect of difference of protein components among soybean varieties on formation of tofu-gel”. *Agric. Biol. Chem.*, 33, 1301-1308 (1969).
- 11) 島田和子, 野村寛美, 原由美, 藤本房江, 喜多村啓介. “豆腐の食味に及ぼす大豆リポキシゲナーゼの影響”. 食科工. 45, 122-128 (1998).
- 12) 平春枝. “国産大豆の品質特性とその変動要因の解明”. 日食工誌. 39, 122-133 (1992).
- 13) 戸田恭子, 小野伴忠, 喜多村啓介, 中村善行. “種子タンパク質含量と豆腐の硬さとの相関における大豆品種間差”. 育種学研究. 4 (別1), 213p (2002).
- 14) Yagasaki, K., Kousaka, F., and Kitamura, K., “Potential improvement of soymilk gelation properties by using soybeans with modified protein subunit compositions”. *Breed. Sci.*, 50, 101-107 (2000).
- 15) Yoshida, M., Kohyama, K., Nishinari, K., “Gelation Properties of soymilk and soybean 11S globulin from Japanese-grown soybeans”. *Biosci. Biotech. Biochem.*, 56, 725-728 (1992).

Evaluation of Components and Tofu Quality of Soybean Varieties Produced in Hokkaido

Ken TANIFUJI and Jun KATO

Summary

Contents of components (protein, lipid, and total sugar) of soybean produced in Hokkaido in 2001 and 2002 were analyzed. Properties of soymilk and tofu, processed by modified method, were also evaluated.

Ranges of protein content of soybean were similar between these two years, and the most frequency was found among 40-44%. The content of lipid was lower, and that of total sugar was higher in 2002 (low temperature in summer) than 2001.

"Toyomusume" showed the highest tofu firmness among varieties cultivated in Hokkaido. Positive higher correlation was shown between tofu firmness and protein content in soybean and soymilk. Tofu firmness also showed significant negative correlation with increase ratio of soybean weight by soaking.

Relationship between protein content of soybean and tofu firmness was investigated for three varieties, "Toyomusume", "Toyokomachi", and "Yukihomare", constituting the same commercial soybean brand "Toyomasari". Relationship between protein content and tofu firmness for these varieties was described as different quadratic regression curves. These results indicate that each variety has an individual maximum limit of tofu firmness. "Toyomusume" showed the highest, and "Yukihomare" showed the lowest maximum limit among these three varieties.

Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-1395

E-mail:tanik@agri.pref.hokkaido.jp