

植物性食品の灰分の研究

その3 ほうれん草における、灰分とアルカリ度の変化に影響をおよぼす諸要因について

今 宮 春 枝

前報(1, 2)において、植物性食品の代表として、ほうれん草をえらび、その灰分含量、乾燥重量、アルカリ度等を定量し、その結果について、いくらかの統計的な解析を行なつた。

その中で、夏期と冬期に市販されている材料について、比較を行なつた結果、灰分含量、乾燥重量、アルカリ度について有意な差がみられたものが多かつた。又各形質とも冬期の材料の方が変異の幅が広く、均一性に欠けることが判つた。これらの原因として、実験材料が生育した環境の諸条件の相違(特に生育中の温度)等や、夏期および冬期の生育に適した品種の相違にもとづく要因がその可能性として、考えられる。又収穫後に受ける温度の相違も各形質の変化の要因として作用するのではないかと考えられる。本論文においては、以上のような可能性を検討することを目的とした実験の結果を報告する。即ち、本邦において最も広く用いられているほうれん草の五品種をえらび、これを人工的に気象条件を制御した環境中で一定の組成の培養液で生育させ、得られた材料について実験を行なつた。又収穫後一定の条件下で数日間貯蔵し、貯蔵による各形質の変化について実験を行なつた。以上の材料と市販の材料との比較によつて、どのような条件が、ほうれん草における灰分、およびアルカリ度に変化をおよぼす要因となつているかを解明した。

材 料 と 方 法

材料 次の5品種を人工気象制御装置によつて生育させたものを用いた。

- a 次郎丸 日本種と洋種の雑種
- b 日 本 日本種、冬型のもの

- c 牛若丸 日本種、夏型のもの
- d 禹 城 東洋系の品種、夏型のもの
- e バイキング 外国系の中間品種

その他実験目的によつては、冬期に市販されている材料を用いた。

生育の条件、人工気象制御装置中で水耕法による培養を行なつた。気象条件としては、

- 日照時間 14時間
- 暗黒時間 10時間
- 日照照度 1500ルツクス
- 日照中の温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$
- 暗黒中の温度 $15^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$
- 湿度 約60%

培養液としては Hoogland 氏液を用い培養液のPHは、7.2に調節した。培養液は1週間毎に取りかえた。培養床としては、石英砂を数回水洗いした後、乾熱滅菌したのものを用いた。

貯蔵の条件、材料の基部を水でしめらせた脱脂綿でつつみ、この材料をアルミ箔で軽く包み3日間、 2°C 、および、 20°C の場所に置いた。1日毎に脱脂綿に水をふくませ、材料の乾燥を防いだ。

定 量 方 法

乾燥重量について、前報(1)と同様の方法
灰分重量について、電気炉の最高温度は 600°C とし、後は第一報と同様の方法
アルカリ度について、前報(1)と同様の方法

結 果 と 考 察

1. 品種間の比較について

実験に用いた5種の品種についての、各形質の平均値および標準偏差を表1、表2に示す。

表1 ほうれんそうの葉における灰分重量, 乾燥重量およびアルカリ度の品種間の比較

品種		A.W. %	D.W. %	水溶性アルカリ度			不溶性アルカリ度			総アルカリ度		
				F.W.10g	D.W.	g/A.W.	F.W.10g	D.W.	g/A.W.	F.W.10g	D.W.	g/A.W.
				g	g	g	g	g	g	g	g	g
次郎	M.	2.3	14.3	10.1	7.4	46.8	34.5	24.0	141.7	44.5	31.3	188.5
	S.	0.46	3.08	4.83	4.35	25.2	16.5	10.6	41.0	14.0	8.35	42.4
	$S/M \times 100$	20.0	20.5	47.9	58.6	54.0	47.9	44.2	29.1	31.5	26.6	22.5
牛若	M.	2.0	12.7	12.0	10.1	62.0	24.9	19.8	126.5	36.9	29.8	188.4
	S.	0.29	2.35	3.08	4.28	15.9	7.5	4.62	23.0	6.75	6.98	9.55
	$S/M \times 100$	14.5	18.5	25.6	4.25	25.6	30.1	23.3	18.1	14.8	14.3	10.4
禹城	M.	1.9	12.2	13.2	12.1	67.4	16.1	14.6	87.6	29.4	26.7	155.0
	S.	0.27	4.15	3.35	5.06	7.65	4.26	5.77	27.3	6.42	9.92	28.5
	$S/M \times 100$	14.2	34.0	25.4	41.6	13.1	26.5	39.5	31.1	21.9	37.2	18.4
日本	M.	2.7	12.1	15.3	13.0	60.3	19.8	16.6	78.9	35.1	29.5	139.2
	S.	0.78	2.40	0.28	2.76	16.5	1.37	2.20	28.3	1.06	4.93	44.6
	$S/M \times 100$	28.9	19.9	18.3	21.3	27.2	6.9	13.2	35.8	3.2	16.7	32.1
バイキング	M.	1.7	12.4	13.5	11.4	75.4	12.7	10.1	74.7	26.1	21.5	150.1
	S.	0.361	1.77	5.71	6.3	20.5	3.19	1.06	30.0	2.54	5.21	9.61
	$S/M \times 100$	21.3	14.2	42.4	55.3	27.2	25.1	10.5	40.1	9.8	24.2	6.4

M: 平均値 S: 標準偏差

表2 ほうれんそうの茎における灰分重量, 乾燥重量およびアルカリ度の品種間の比較

品種		A.W. %	D.W. %	水溶性アルカリ度			不溶性アルカリ度			総アルカリ度		
				F.W.10g	D.W.	g/A.W.	F.W.10g	D.W.	g/A.W.	F.W.10g	D.W.	g/A.W.
				g	g	g	g	g	g	g	g	g
次郎	M.	1.8	7.4	4.8	6.5	27.4	27.3	39.5	156.4	32.1	45.9	183.8
	S.	0.255	1.97	1.65	0.82	10.66	6.30	15.4	55.5	6.2	16.05	60.5
	$S/M \times 100$	14.2	26.6	34.4	12.6	38.9	23.0	39.0	35.4	19.3	35.2	33.0
牛若	M.	1.7	7.1	6.4	8.7	38.9	19.4	29.4	112.0	25.7	38.2	151.0
	S.	0.158	1.86	3.60	3.98	23.1	10.6	18.5	50.3	8.6	17.8	37.6
	$S/M \times 100$	9.3	26.2	56.2	45.7	59.3	54.8	63.0	45.1	33.5	46.6	24.9
禹城	M.	1.5	8.8	7.5	9.2	50.7	17.2	19.1	116.5	24.7	28.2	167.3
	S.	0.173	2.43	3.24	5.02	25.1	8.70	5.98	67.6	6.35	1.76	57.6
	$S/M \times 100$	11.5	27.7	43.1	54.4	49.5	50.6	31.2	58.0	25.6	6.2	34.5
日本	M.	1.7	8.0	7.9	10.3	46.0	12.8	16.2	76.6	20.7	26.5	122.7
	S.	0.158	2.20	0.896	2.81	8.15	5.23	7.10	36.0	6.05	8.85	30.4
	$S/M \times 100$	9.3	27.5	11.3	27.3	17.7	41.0	43.9	47.0	29.2	33.4	24.7
バイキング	M.	1.3	10.6	4.4	4.2	33.2	23.6	22.5	180.3	28.0	26.7	213.5
	S.	0.00	0.566	0.850	0.64	6.77	9.32	10.0	67.0	8.5	9.4	60.2
	$S/M \times 100$	0.0	5.3	19.4	15.2	20.5	39.5	44.5	37.2	30.3	35.2	28.3

M: 平均値 S: 標準偏差

表1, 表2, にみられる各形質の平均値の間に統計的に有意な差がみられるか否かを, F-

検定によつて計算した. 級間変動を S_b , 級内変動を S_w とし計算を表3, 表4, に示す.

植物性食品の灰分の研究

表3 葉の各形質の品種間の分散比

		平方和		分散		分散比	差の有意性
		S _b	S _w	S _b	S _w		
A.W. %		1.40	2.35	0.35	0.17	2.06	なし
D.W. %		16.92	141.18	4.23	10.08	0.42	なし
水溶性アルカリ度	/ F.W. 10g	55.75	223.13	13.94	15.94	0.87	なし
	/ D.W. g	80.05	298.70	20.01	21.34	0.94	なし
	/ A.W. g	1,446.30	5,786.83	361.58	413.35	0.87	なし
不溶性アルカリ度	/ F.W. 10g	1,260.22	1,627.82	315.06	116.27	2.71	なし
	/ D.W. g	407.16	813.99	101.79	58.14	1.14	なし
	/ A.W. g	14,043.65	19,206.19	3,510.91	1,371.87	2.56	なし
総アルカリ度	/ F.W. 10g	831.74	3,753.23	207.94	268.09	0.78	なし
	/ D.W. g	188.67	924.44	47.17	66.03	0.71	なし
	/ A.W. g	7,227.31	15,600.15	1,806.83	1,114.23	1.62	なし

表4 茎の各形質の品種間の分散比

		平方和		分散		分散比	差の有意性
		S _b	S _w	S _b	S _w		
A.W. %		0.37	0.34	0.09	0.24	0.38	なし
D.W. %		20.08	44.19	5.02	3.16	1.59	なし
水溶性アルカリ度	/ F.W. 10g	25.13	81.30	6.28	5.81	1.08	なし
	/ D.W. g	59.19	131.53	14.80	9.40	1.57	なし
	/ A.W. g	1,024.19	2,800.42	256.05	200.03	1.28	なし
不溶性アルカリ度	/ F.W. 10g	365.19	821.67	91.30	58.69	1.04	なし
	/ D.W. g	1,058.07	2,380.12	264.52	170.01	1.56	なし
	/ A.W. g	17,104.02	32,432.78	4,276.01	2,316.63	1.85	なし
総アルカリ度	/ F.W. 10g	210.70	599.23	52.68	42.80	1.23	なし
	/ D.W. g	889.30	1,950.42	222.33	139.32	1.60	なし
	/ A.W. g	12,044.05	47,001.47	3,011.01	3,357.25	0.90	なし

以上の計算の結果、培養の条件を一定にした場合、品種間の相違は統計的に有意なものではないことが明らかにされた。なお本実験において用いられた材料についても、各形質の測定値に可成りの変動がみられ、特に水溶性アルカリ度、および不溶性アルカリ度においては、 $\frac{S_b}{M} \times 100$ の値が、50前後のものがみられる。茎と葉を比較した場合、葉よりも茎の方が、測定値の変動が大きいことがみられる。又品種間の比較

でも茎では牛若、禹城、葉では、次郎などが特に変動が大きいことがみられる。これらの変動が、材料自身の不均一性にもとづくものか、或は実験上の誤差にもとづくものかについては、今後の研究によつて、解明する計画である。

2. 人工気象制御装置内で生育した材料と市販の材料との比較

上記の結果、同一条件下で生育した材料につ

いては、品種間の相違は有意なものではないことがわかつたので、これらの品種の平均値をとり、これが前報で報告した市販の材料について

の値と相違するか否かを t- 検定によつて計算した。各材料についての形質の平均値、標準偏差、および t の値を表 5、表 6 に示す。

表 5 5 品種間の平均値と標準偏差および前報の値との比較

		A.W. %	D.W. %	水溶性アルカリ度			不溶性アルカリ度			総アルカリ度			
				F.W.10g	D.W.	A.W. g	F.W.10g	D.W.	A.W. g	F.W.10g	D.W.	A.W. g	
				g	g	g	g	g	g	g	g	g	
葉	5の	M (x)	2.12	12.74	12.8	10.8	62.4	21.6	17.2	101.9	38.4	27.8	164.2
	品平	S	0.39	0.85	1.9	2.2	10.5	8.7	5.3	30.2	8.4	3.9	22.8
	種均	$\bar{s}/m \times 100$	18.3	6.7	15.0	20.5	16.8	40.0	30.5	29.7	21.9	13.9	14.0
	前報(1)の値	M (y)	1.84	9.80	15.2	15.6	82.9	11.6	11.7	62.5	26.7	27.3	144.9
		S	0.19	1.4	2.4	3.0	9.3	2.6	2.2	12.3	3.0	3.0	12.0
		$\bar{s}/m \times 100$	10.3	14.6	15.6	19.2	11.2	22.5	18.6	19.7	11.4	11.1	8.3
x-y			0.28	2.94	-2.38	-4.8	-20.52	10.0	5.5	39.4	11.7	0.46	19.3
w			0.28	1.23	2.22	2.72	9.73	5.64	3.62	20.7	5.6	3.36	16.8
t			3.42	8.22	3.70	6.02	7.30	6.10	5.22	6.60	7.20	0.47	3.95
差の有意性*			+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+

* 1%危険率+ 5%危険率+

表 6 5 品種間の平均値と標準偏差および前報の値との比較

		A.W. %	D.W. %	水溶性アルカリ度			不溶性アルカリ度			総アルカリ度			
				F.W.10g	D.W.	A.W. g	F.W.10g	D.W.	A.W. g	F.W.10g	D.W.	A.W. g	
				g	g	g	g	g	g	g	g	g	
茎	5の	M	1.6	8.38	6.2	7.78	39.24	20.06	25.34	128.36	26.24	33.1	167.66
	品平	S	0.20	1.40	1.57	2.43	9.40	5.62	9.31	40.6	4.21	8.63	34.2
	種均	$\bar{s}/m \times 100$	12.5	16.7	25.3	31.1	23.9	27.9	36.8	31.6	16.0	26.0	20.4
	前報(1)の値	M	1.52	6.4	16.1	25.1	104.8	5.4	8.3	35.1	21.6	33.3	140.0
		S	0.23	0.8	2.7	3.7	8.8	1.5	2.1	9.5	3.4	3.9	13.4
		$\bar{s}/m \times 100$	15.3	12.6	16.9	14.6	8.4	27.5	25.8	26.8	15.5	11.6	9.6
x-y			0.08	1.98	-10.0	-17.32	-65.56	14.7	17.0	93.26	4.6	-0.2	27.7
w			0.223	0.998	2.38	3.41	8.96	3.17	5.14	22.5	3.64	14.54	21.0
t			1.22	6.77	14.3	17.2	24.8	15.8	11.2	14.1	4.30	0.047	4.48
差の有意性*			-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+

* 1%危険率+ 5%危険率+

計算の結果、大部分の形質について、両者の間に有意な相違がみられることがわかつた。

特にいちぢるしい相違として、今回の材料についての値のうち、水溶性アルカリ度が減少しそれに反して、不溶性アルカリ度が増加していることが認められる。後報で指摘されているように、市販の材料に比べ、水耕法によつて生育

させた材料では、不溶性カルシウムの含量がいちぢるしく多いことがその一つの原因であろうと推察される。

なお、今回の材料は前報 2 で報告された冬期間中の市販の材料の方に、夏期間の市販材料よりも近い値を示して居る。しかし、前報 2、では葉は周辺部、中心部、茎は上部、中部、基部

植物性食品の灰分の研究

にそれぞれ分けて測定して居り、今回の実験においては、葉、茎ともそれぞれ全体として扱ったため、直接の比較をすることは出来ない。

3. 貯蔵条件の影響について

前報1, 2, に使用された材料は、収穫後市販されるまでの間、数日間夏期、又は、冬期の条件の下に置かれて来たものであり、人工気象制御装置の中で収穫された直後に実験された材

料とは、条件が可成り相違したものである。それ故、このような収穫後の貯蔵条件が材料の乾燥重量、灰分重量、アルカリ度におよぼす影響について実験を当なつた。実験的につくられた材料を2度°C、および20度°Cに3日間貯蔵した後、両者の間に各形質の相違がみられるか否かを、t-検定によつて計算した。なお比較のために、市販の材料についても同様の実験を行なつた計算の結果を表7, 表8に示す。

表7 実験的に作った材料の灰分重量、乾燥重量、アルカリ度におよぼす貯蔵温度の影響部分

部 分	形 質	貯蔵温度°C	実験資料数	測量平均値	平 方 和	t	差の有意性
葉	A.W. %	2	4	1.6	0.34	1.63	な し
		20	4	1.9	0.07		
	D.W. %	2	4	12.9	6.87	0.57	な し
		20	4	13.4	2.45		
	水溶性アルカリ度 / F.W. 10g	2	4	9.8	9.81	0.88	な し
		20	4	10.7	2.83		
	不溶性アルカリ度 / F.W. 10g	2	4	25.9	173.10	1.43	な し
		20	4	32.2	61.05		
	総アルカリ度 / F.W. 10g	2	4	35.9	266.23	1.29	な し
		20	4	42.9	88.04		
茎	A.W. %	2	3	1.3	0.54	0.82	な し
		20	3	1.6	0.24		
	D.W. %	2	3	6.1	1.04	1.36	な し
		20	3	6.7	0.10		
	水溶性アルカリ度 / F.W. 10g	2	3	10.4	46.05	1.35	な し
		20	3	6.2	12.29		
	不溶性アルカリ度 / F.W. 10g	2	3	22.8	39.06	1.11	な し
		20	3	32.1	378.45		
	総アルカリ度 / F.W. 10g	2	3	33.2	0.51	0.65	な し
		20	3	38.2	354.91		

以上の表から2度°C、と20度°Cの貯蔵温度の相違は殆んどすべての形質に有意な差を生ずる要因とは、ならないことが判明した。

しかし、本実験で用いられた貯蔵の方法がは

たして正当なものであるか、否かは問題があると考えられるので、以上の結果は更にいくつかのことなつた貯蔵方法によつて実験を行ない、確認する必要があるものと思われる。

表8 市販の材料の灰分重量, 乾燥重量, アルカリ度に及ぼす貯蔵温度の影響

部 分	形 質	貯蔵温度°C	実験資料数	測定平均値	平 方 和	t	差の有意性
葉	A.W. %	2	3	1.6	0.18	1.02	な し
		20	3	1.8	0.06		
	D.W. %	2	3	13.6	2.01	0.16	な し
		20	3	13.8	7.01		
	水溶性アルカリ度 / F.W. 10g	2	3	10.5	7.34	1.42	な し
		20	3	8.2	8.24		
	不溶性アルカリ度 / F.W. 10g	2	3	12.8	15.25	1.25	な し
		20	3	17.1	39.25		
	総 アルカリ度 / F.W. 10g	2	3	23.3	41.93	0.45	な し
		20	3	25.3	75.33		
茎	A.W. %	2	3	1.0	0.18	0.83	な し
		20	3	1.1	0.01		
	D.W. %	2	3	10.5	2.99	0.65	な し
		20	3	10.0	4.10		
	水溶性アルカリ度 / F.W. 10g	2	3	5.7	1.26	3.15	あ り
		20	3	3.6	4.02		
	不溶性アルカリ度 / F.W. 10g	2	3	9.2	2.52	0.64	な し
		20	3	10.3	32.97		
	総 アルカリ度 / F.W. 10g	2	3	14.9	4.62	0.66	な し
		20	3	13.9	22.99		

4. 実験的に生育した材料と、市販材料における貯蔵の影響の比較

実験的に生育させた材料と市販の材料とを同一条件のもとで貯蔵し、その後、灰分重量, 乾燥重量, アルカリ度の値を定量し、両者の間の差の有意性を、t-検定によつて計算した。実験および計算の結果を表9, 表10に示す。

以上の表から灰分重量, および乾燥重量については、20度°Cの茎の場合を除いては、すべてその差の有意性は否定され、市販のものと同実験的につくられた材料の間には違いがあるとは、いえないことが判明した。以上の事実から、表5, 表6において市販の材料と実験的につく

られた材料との間にみられた相違性の原因として、次のことが推察される。

即ち、実験的につくられた材料は貯蔵の影響を受けずに、直ちに実験に用いられ、それと貯蔵の影響を受けて来た市販の材料とが比較された結果として、両者の間に有意な差を生じたものではないかと推察される。

これに対して、アルカリ度の値については、両者の間に殆んどすべての場合に有意な差のあることが認められ、表5, 表6, の結果と一致している。この原因については、前述の如く、実験的につくられた材料に関しては、特に不溶性カルシウムが多く、このことが不溶性アルカリ度の相違となつているものと推察される。そ

植物性食品の灰分の研究

表9 20°Cで貯蔵した場合の市販材料と実験材料との差の検定

部 分	形 質	材 料	実験資料数	測定平均値	平 方 和	t	差の有意性
葉	A.W. %	A	4	1.9	0.07	1.72	なし
		B	3	1.8	0.06		
	D.W. %	A	4	13.4	2.45	0.85	なし
		B	3	13.8	7.01		
	水溶性アルカリ度 / F.W. 10g	A	4	10.7	2.83	4.91	あり
		B	3	8.2	8.24		
	不溶性アルカリ度 / F.W. 10g	A	4	32.2	61.05	20.99	あり
		B	3	17.1	39.25		
	総アルカリ度 / F.W. 10g	A	4	42.9	88.04	8.99	あり
		B	3	25.3	75.33		
茎	A.W. %	A	3	1.6	0.24	6.63	あり
		B	4	1.1	0.01		
	D.W. %	A	3	6.7	0.10	10.48	あり
		B	4	10.0	4.10		
	水溶性アルカリ度 / F.W. 10g	A	3	6.2	12.29	4.20	あり
		B	4	3.6	4.02		
	不溶性アルカリ度 / F.W. 10g	A	3	32.1	378.45	3.12	あり
		B	4	10.3	32.97		
	総アルカリ度 / F.W. 10g	A	3	38.2	354.91	8.18	あり
		B	4	13.9	22.99		

A: 実験的につくられた材料 B: 市販の材料

して生体内における灰分組成の変化をもたらした要因としては、それぞれの材料が生育した環境の無機質栄養条件の相違などがあるのではないかと推察される。

結 論

人工気象制御装置の中でつくつた材料と、市販の材料につき、実験を行なった結果、次のことが明らかにされた。

1. 用いられた5種の品種の間には、各形質について有意な差は認められなかつた。
2. 実験的につくられた材料と前報(1)で用いられた市販の材料についての比較の結

果、ほとんどすべての形質について有意な差がみられた。

3. 材料を2度°Cと、20度°Cに、3日間貯蔵した結果、各形質の間には有意な差は生じないことがみられた。
4. 市販の材料と実験的につくられた材料を2度°Cと、20度°Cに3日間貯蔵した後、両者の各形質について比較を行なった。その結果、灰分重量と乾燥重量については、有意な差のないものが多かつたが、しかし、アルカリ度については有意な差があることが判明した。

終りに本研究を行なうにあたり、多大の御援

表10 2°Cで貯蔵した場合の市販材料と実験材料との差の検定

部 分	形 質	材 料	実験資料数	測定平均値	平 方 和	t	差の有意性
葉	A.W. %	A	4	1.6	0.34	0	な し
		B	3	1.6	0.18		
	D.W. %	A	4	12.9	6.87	1.55	な し
		B	3	13.6	2.01		
	水溶性アルカリ度 / F.W. 10g	A	4	9.8	9.81	1.11	な し
		B	3	10.5	7.34		
不溶性アルカリ度 / F.W. 10g	A	4	25.9	173.10	6.22	あ り	
	B	3	12.8	15.25			
総アルカリ度 / F.W. 10g	A	4	35.9	266.23	4.70	あ り	
	B	3	23.3	41.93			
茎	A.W. %	A	3	1.3	0.54	2.37	な し
		B	4	1.0	0.18		
	D.W. %	A	3	6.1	1.04	1.43	な し
		B	4	10.5	2.99		
	水溶性アルカリ度 / F.W. 10g	A	3	10.4	46.05	4.47	あ り
		B	4	5.7	1.26		
	不溶性アルカリ度 / F.W. 10g	A	3	22.8	39.06	13.78	あ り
		B	4	9.2	2.52		
	総アルカリ度 / F.W. 10g	A	3	33.2	0.51	52.91	あ り
		B	4	14.9	4.62		

A: 実験的につくられた材料 B: 市販の材料

助をたまわつた本学学長 手島博士, 又研究の直接の御指導をたまわつた本学教授 寺岡博士に対し, 深く感謝申し上げます. 又計算に御協力下さつた, 伊藤三枝子副手に対して感謝致します.

文 献

1. 寺岡, 今宮: 北星短大紀要 9, (1963) 10
2. H. Imamiya and H. Teraoka: 北星短大紀要 10, (1963) 31