低温による乾海苔の貯蔵試験

土屋靖彦・鈴木芳夫・佐々木 劭

(1961年8月19日受理)

STORAGE OF DRIED LAVER AT LOW TEMPERATURE.

Yasuhiko TSUCHIYA, Yoshio SUZUKI and Takashi SASAKI*

It is very difficult to keep dried laver without changes of color, flavor and taste for long periods of time at room temperature. In the present paper, the authors have examined various methods for the preservation of dried laver at 0°C and -20°C respectively. The results obtained are shown in Table 1 to 11.

The tables show that dried laver can be well preserved for long periods of time at low temperature. The vacuum sealing method and the sealing method using carbon dioxide at -20°C seem to be very useful preservation methods for dried laver as the color, flavor and taste do not deteriorate.

市販の乾海苔は貯蔵中に非常に変化しやすく、普通の状態で放置すると容易に桃色に変化し、異臭を発生することがしばしば経験される。そのような変化を防ぐために、現在は“火入れ法”が用いられている。しかし、“火入れ法”は経済的に高価であるし、火を入れたものであるから実際上新鮮な乾海苔と同じものと見做すことは困難である。本研究においては、このような欠点を除く目的で海苔を低温に貯蔵して、その間の成分変化を検討しながら、如上の目的が達せられるか否かを研究した。細部にわたつての検討は、なお資料不足の感もあるが、いちおう“火入れ法”に代わつて、低温処理によつて乾海苔の保存が可能であるという所期の目的は達せられたので、以下に報告する。

実験の部

I 試料

仙台市において市販されている乾海苔を使用した。これには変色しやすい海苔と変色しにくい海苔が業者により区別されている。変色しにくいものは、変色しやすいものに比して光沢があり、色調もより黒色で、手触わりがいくぶん硬い感じがする。本研究においては業者により選別された上記の兩種を用いた。さらにまた比較のため“火入れ”を行なつたものについても試験を行なつた。これらの試料の名称は下記のごとく定めた。

- A: 変色しやすい海苔の“火入れ”を行なつたもの。
- B: 変色しやすい海苔の“火入れ”を行なわないもの。
- C: 変色しにくい海苔の“火入れ”を行なつたもの。
- D: 変色しにくい海苔の“火入れ”を行なわないもの。

II 貯蔵方法

乾海苔1帖宛を下記のごとく処理して、塩酸ゴム袋に入れた後、1960年4月に室温、0°Cおよび-20°Cに貯蔵した。これを2カ月ごとに取り出し分析を行い、1961年4月まで1カ年つづけた。

* 東北大学農学部水産利用学教室 (Dept. Marine Food Tech., Fac. Agr., Tohoku Univ.).

III 処理方法

遮光：黒紙で海苔を覆った後に，塩酸ゴム袋に入れた。

非遮光：白紙で海苔を覆った後，あるいはそのまま塩酸ゴム袋に入れた。

真空：塩酸ゴム袋に入れ，真空包装した後，さらに真空デレケーター中に貯蔵した。

炭酸ガス封入：塩酸ゴム袋に入れ，脱気した後，炭酸ガスを封入した。

乾燥剤：乾海苔1帖に対しシリカゲル乾燥剤1gを入れた。

IV 色素の定量方法

1) フィコエリスリンおよびフィコシアンの定量¹⁾

試料1gに200ccの水を加え，少量のトルエンを添加して，5°Cの暗所で12日間色素を抽出した。

次いで，抽出液の568m μ および615m μ の吸光値を測定して，次式よりフィコエリスリンおよびフィコシアンの量を算出した。

$$\begin{cases} \epsilon_{\lambda E}^E x + \epsilon_{\lambda C}^C y = \epsilon_{\lambda B} & \dots\dots\dots (1) \\ \epsilon_{\lambda E}^E x + \epsilon_{\lambda C}^C y = \epsilon_{\lambda G} & \dots\dots\dots (2) \end{cases}$$

Fig. 1. The absorption spectra of carotene (—) and xanthophyll (—×—×—) in acetone.

ここに x , y はそれぞれフィコエリスリン，フィコシアンの含量， λE = 568m μ ， λC = 615m μ はそれぞれフィコエリスリン，フィコシアンの吸収極大， $\epsilon_{\lambda B}$ ， $\epsilon_{\lambda G}$ はそれぞれ λE ， λC における見掛けの吸光値， $\epsilon_{\lambda E}^E$ = 83.8， $\epsilon_{\lambda C}^C$ = 60.8 はそれぞれフィコエリスリン，フィコシアンの吸収極大における吸光係数 ($E_{1cm}^{1\%}$)， $\epsilon_{\lambda E}^C$ = 27.3， $\epsilon_{\lambda C}^E$ = 0.07 はそれぞれ 568m μ ，615m μ におけるフィコシアンの吸光係数 ($E_{1cm}^{1\%}$)。

2) カロチノイドおよびクロロフィルの定量

試料1gを30ccのアセトンとともに5分間ホモジナイズして色素を抽出した後，30ccのアセトンで洗滌し，さらに60ccのアセトンで一夜暗所で抽出を繰り返えし，抽出液を合して200ccに定容し，662m μ および450m μ の吸光値を測定して，カロチノイドおよびクロロフィルの含量を次式により算出した。

予備試験において N. A. WORKER²⁾の方法により乾海苔より分離したカロチンとキサントフィルは Fig. 1 に示すごとく，アセトン溶液では450m μ において，ほとんどその吸収極大が一致しているので，450m μ の吸光値より算出した値をカロチノイドの量とし

た。また、クロロフィールについては紅藻類にはクロロフィール *b* および *c* はほとんど存在していないので³⁾、クロロフィール *a* のみとして算出した。

$$\begin{cases} \epsilon_{\lambda ca}^{ca} x + \epsilon_{\lambda ca}^{ch} y = \epsilon_{\lambda ca} & \dots\dots\dots (3) \\ \epsilon_{\lambda ch}^{ca} x + \epsilon_{\lambda ch}^{ch} y = \epsilon_{\lambda ch} & \dots\dots\dots (4) \end{cases}$$

ここに x, y はそれぞれカロチノイド、クロロフィールの含量、 $\lambda ca = 450 m\mu$, $\lambda ch = 662 m\mu$ はそれぞれカロチノイド、クロロフィールの吸収極大、 $\epsilon_{\lambda ca}$, $\epsilon_{\lambda ch}$ はそれぞれ λca , λch における見掛けの吸光値、 $\epsilon_{\lambda ca}^{ca} = 2,500^{2)}$, $\epsilon_{\lambda ch}^{ch} = 1,020^{2)}$ はそれぞれカロチノイド (カロチンとして)、クロロフィールの吸収極大における吸光係数 ($E_{1cm}^{1\%}$)、 $\epsilon_{\lambda ca}^{ch} = 7.734^*$, $\epsilon_{\lambda ch}^{ca} = 0$ はそれぞれ $450 m\mu$, $662 m\mu$ におけるクロロフィール、カロチノイドの吸光係数 ($E_{1cm}^{1\%}$)。

V 一般成分およびアミノ酸の定量

一般成分は常法にしたがつて分析した。また、アミノ酸の定量はアラニン、グルタミン酸およびアスパラギン酸を松浦ら⁵⁾の方法にしたがつて、Bioassay により定量した。

VI 五感検査

五感検査は海苔業者に依頼した。評価規準は店で売るときの規準にしたがつたもので、最高を 10 点とし商品価値のないものを 0 点とした。

VII 統計処理⁶⁾

それぞれ対応する各成分の値の差を求め、差の平均が零になるかどうかを F 表を用いて検定した。

結果ならびに考察

色素の定量結果は Table 1 より Table 7 に、一般成分の定量結果は Table 8 に、アミノ酸の定量結果は Table 9 に、五感検査の結果は Table 10 に示した。

これらの定量結果はいずれも試料間の個体差が相当程度あると考えられるので、また色素の定量においては、その方法に若干便宜的なあつかいをした点があり、Table 1 に示す貯蔵前の色素の定量結果を規準に比較することは困難で Table 2 に示す貯蔵後 2 カ月目の試料を規準にした。この試料は後述するごとく、色素含量が貯蔵前のそれと比較して変化がなかつたと考えられる。

I 色素の変化に対する貯蔵温度の影響

いろいろの条件に対し、もつとも変化が著しいと考えられる B 試料について、色素の変化に対する貯蔵温度の影響を調べた。各色素を貯蔵温度により分類し、全処理法を通じての含量の差、すなわち、試料番号 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 および 11 の室温貯蔵と 0°C 貯蔵の差および 0°C 貯蔵と -20°C 貯蔵の差を同貯蔵期間ごとに検定した。その結果、貯蔵後 2 カ月目の試料においては各色素とも有意の差が認められなかつた。これはまた後述の結果と考え合わせて、貯蔵後 2 カ月間はほとんど変化がなかつたものと考

Table 1. Pigment analysis of dried laver before storage.

Pigments	P. E.* (mg %)	P. C.** (mg %)	Carot.*** (mg %)	Chloro.**** (mg %)
Samples				
A§	828	696	16	49
B§§	1,003	727	15	50
C§§§	307	162	13	36
D§§§§	1,238	903	25	65

* : Phycoerythrin

** : Phycocyan

*** : Carotenoids

**** : Chlorophyll

§ : Dried laver which is more changeable in color and was warmed in heated air.

§§ : Dried laver which is more changeable in color.

§§§ : Dried laver which is less changeable in color and was warmed in heated air.

§§§§ : Dried laver which is less changeable in color.

* クロロフィール *a* の $662 m\mu$ における吸光値と $450 m\mu$ における吸光値の比⁴⁾より算出。

Table 2. Chemical analysis of pigments in dried laver stored under various conditions for 2 months.

Storing method			Sample No.	Storage temp.	A (mg%)				B (mg%)				C (mg%)				D (mg%)			
					P. E.	P. C.	Carot.	Chloro.	P. E.	P. C.	Carot.	Chloro.	P. E.	P. C.	Carot.	Chloro.	P. E.	P. C.	Carot.	Chloro.
Vacuum sealed in rubber hydrochloride bag	Darkness	Dehydrated silicate	1	Room temp. 0°C -20°C					975 1,008 886	657 755 672	11 11 18	30 33 30								
		None	2	Room temp. 0°C -20°C	768 798 917	401 450 596	14 22 17	31 38 41	987 1,319 1,027	716 903 801	10 19 8	30 45 21								
	Daylight	Dehydrated silicate	3	Room temp. 0°C -20°C					980 941 869	716 707 642	5 7 8	18 18 25								
		None	4	Room temp. 0°C -20°C	719 908 1,001	385 530 647	10 18 17	39 37 35	1,595 1,192 1,394	1,063 806 941	13 14 12	37 52 38								
Sealed in rubber hydrochloride bag	Darkness	Dehydrated silicate (Stored in CO ₂)	5	Room temp. 0°C -20°C					838 905 1,138	597 665 806	11 9 12	30 25 30	266 323 251	112 170 112	10 7 7	21 16 15	1,102 1,346 1,298	741 886 854	21 21 23	54 49 56
		None (Stored in CO ₂)	6	Room temp. 0°C -20°C	968 1,111 958	608 698 599	16 13 19	33 27 38	994 937 932	726 737 678	11 7 9	30 23 26	314 313 314	147 164 164	7 8 11	15 18 24	1,126 1,224 1,195	741 809 809	20 21 23	52 48 56
		Dehydrated silicate	7	Room temp. 0°C -20°C					926 989 1,015	678 742 772	8 9 13	26 23 40	275 313 295	118 160 138	9 9 8	18 20 18	1,224 1,138 1,315	851 760 831	22 20 27	34 48 45
		None	8	Room temp. 0°C -20°C	886 728 1,013	524 372 637	15 17 18	31 37 39	992 474 1,269	795 752 969	8 12 20	27 25 54	331 278 263	117 118 115	7 10 8	17 22 17	1,143 939 1,248	816 799 821	22 24 21	38 49 52
	Daylight	Dehydrated silicate (Stored in CO ₂)	9	Room temp. 0°C -20°C					910 903 946	658 665 720	12 8 10	36 25 28								
		None (Stored in CO ₂)	10	Room temp. 0°C -20°C	745 1,032 812	431 654 466	18 17 19	40 38 42	905 953 1,080	599 661 732	8 10 8	31 38 24								
		Dehydrated silicate	11	Room temp. 0°C -20°C					948 893 913	753 701 684	12 12 10	34 35 28								

The columns of storing methods and storage temperature in Table 3 to 10 are similar to those of Table 2.

Table 3. Contents of pigments in dried laver stored for 4 months.

Storing method			Sample No.	Storage temp.	A (mg%)				B (mg%)				C (mg%)				D (mg%)			
					P. E.	P. C.	Carot.	Chloro.	P. E.	P. C.	Carot.	Chloro.	P. E.	P. C.	Carot.	Chloro.	P. E.	P. C.	Carot.	Chloro.
Vacuum sealed in rubber hydrochloride bag	Darkness	Dehydrated silicate	1	Room temp. 0°C -20°C					760 1,087 1,050	531 735 833	10 18 13	31 42 34								
		None	2	Room temp. 0°C -20°C	426 920 633	176 601 371	12 15 16	30 30 34	828 991 938	533 795 621	18 11 20	42 34 43								
	Daylight	Dehydrated silicate	3	Room temp. 0°C -20°C					1,169 869 1,401	746 714 987	8 8 11	30 24 38								
		None	4	Room temp. 0°C -20°C	789 883 702	477 556 423	11 15 16	28 34 36	1,236 1,345 1,452	821 932 960	9 11 14	33 36 46								
Sealed in rubber hydrochloride bag	Darkness	Dehydrated silicate (Stored in CO ₂)	5	Room temp. 0°C -20°C					750 937 1,225	537 720 946	3 9 13	17 27 33	235 207 260	99 96 145	7 9 12	17 19 24	1,021 1,013 1,194	636 712 802	17 9 21	50 19 53
		None (Stored in CO ₂)	6	Room temp. 0°C -20°C	518 796 963	284 484 647	11 15 14	29 33 33	818 855 796	563 655 494	5 10 15	21 26 34	234 240 265	96 109 145	8 9 12	21 21 25	957 1,026 1,224	644 738 854	11 21 19	41 48 47
		Dehydrated silicate	7	Room temp. 0°C -20°C					753 858 987	669 655 791	4 15 13	26 44 37	199 227 219	69 116 96	4 9 10	15 19 20	949 1,006 1,152	719 706 776	16 20 21	47 50 49
		None	8	Room temp. 0°C -20°C	629 823 863	404 527 543	6 18 13	25 38 30	556 801 839	418 639 536	6 12 20	28 33 45	223 223 250	119 129 132	6 11 12	19 23 25	1,126 931 1,143	813 664 796	13 25 21	41 56 50
	Daylight	Dehydrated silicate (Stored in CO ₂)	9	Room temp. 0°C -20°C					628 732 819	453 571 655	6 12 9	27 38 25								
		None (Stored in CO ₂)	10	Room temp. 0°C -20°C	572 901 682	322 601 398	9 17 20	24 36 43	743 890 756	436 608 600	6 10 13	30 37 38								
		Dehydrated silicate	11	Room temp. 0°C -20°C					712 803 825	604 632 592	3 9 14	21 31 41								

Table 4. Contents of pigments in dried laver stored for 6 months.

Storing method			Sample No.	Storage temp.	A (mg%)				B (mg%)				C (mg%)				D (mg%)			
					P. E.	P. C.	Carot.	Chloro.	P. E.	P. C.	Carot.	Chloro.	P. E.	P. C.	Carot.	Chloro.	P. E.	P. C.	Carot.	Chloro.
Vacuum sealed in rubber hydrochloride bag	Darkness	Dehydrated silicate	1	Room temp. 0°C					466	274	8	28								
				-20°C					1,061	682	21	44								
	Daylight	None	2	Room temp. 0°C	795	488	15	29	839	520	17	38								
				-20°C	833	533	18	34	1,242	933	19	43								
Sealed in rubber hydrochloride bag	Darkness	Dehydrated silicate	3	Room temp. 0°C					637	453	5	23								
				-20°C					1,317	870	22	41								
	Daylight	Dehydrated silicate	4	Room temp. 0°C	651	371	14	28	1,231	864	10	34								
				-20°C	720	426	20	40	1,323	940	15	41								
		None	5	Room temp. 0°C	978	630	18	36	879	697	11	30	236	89	8	18	950	627	17	48
	Daylight	Dehydrated silicate (Stored in CO ₂)	6	Room temp. 0°C					901	601	11	31	291	125	13	26	1,342	919	28	60
				-20°C					955	729	12	31	128	11	23	23	1,172	760	26	58
		None (Stored in CO ₂)	7	Room temp. 0°C	568	352	10	27	672	499	5	19	249	99	7	21	950	604	15	41
				-20°C	788	451	18	35	944	594	19	43	128	12	23	23	1,026	745	27	54
		Dehydrated silicate	8	Room temp. 0°C	929	598	17	32	1,018	821	14	32	300	135	10	19	1,104	866	22	43
				-20°C					673	512	4	25	218	93	5	17	1,168	941	17	50
		None	9	Room temp. 0°C	721	498	5	24	771	781	4	31	223	113	4	16	1,166	901	10	37
				-20°C	668	380	15	35	827	632	9	25	224	89	12	22	1,021	732	23	52
Sealed in rubber hydrochloride bag	Daylight	Dehydrated silicate (Stored in CO ₂)	10	Room temp. 0°C	686	370	18	37	1,410	1,089	21	50	230	93	11	21	1,310	899	21	47
				-20°C					489	336	2	15								
		None (Stored in CO ₂)	11	Room temp. 0°C					804	635	14	36								
				-20°C					805	632	15	37								

Table 5. Contents of pigments in dried laver stored for 8 months.

Storing method			Sample No.	Storage temp.	A (mg%)				B (mg%)				C (mg%)				D (mg%)			
					P. E.	P. C.	Carot.	Chloro.	P. E.	P. C.	Carot.	Chloro.	P. E.	P. C.	Carot.	Chloro.	P. E.	P. C.	Carot.	Chloro.
Vacuum sealed in rubber hydrochloride bag	Darkness	Dehydrated silicate	1	Room temp. 0°C – 20°C					694 1,003 927	485 788 926	6 12 11	18 27 23								
		None	2	Room temp. 0°C – 20°C	596 967 941	287 629 629	13 17 18	24 28 30	720 868 889	478 630 623	10 11 17	23 24 33								
	Daylight	Dehydrated silicate	3	Room temp. 0°C – 20°C					612 1,524 976	404 1,063 828	4 17 12	16 36 26								
		None	4	Room temp. 0°C – 20°C	242 888 693	56 545 403	10 18 18	25 28 33	817 1,371 990	474 990 870	6 15 13	23 32 26								
Sealed in rubber hydrochloride bag	Darkness	Dehydrated silicate (Stored in CO ₂)	5	Room temp. 0°C – 20°C					582 871 935	408 741 773	5 10 12	19 32 25	299 253 303	121 141 153	6 9 11	18 16 20	935 1,129 1,220	626 966 1,054	11 24 19	36 42 33
		None (Stored in CO ₂)	6	Room temp. 0°C – 20°C	591 722 993	352 416 658	10 18 19	22 32 29	649 911 844	473 692 696	3 11 12	17 22 25	232 293 296	79 193 209	6 10 12	15 17 19	888 1,098 1,001	545 699 642	14 24 27	35 40 49
		Dehydrated silicate	7	Room temp. 0°C – 20°C					695 898 1,193	635 770 976	2 11 12	22 21 24	230 257 260	85 111 111	3 7 14	16 14 21	961 922 1,342	756 665 876	6 18 22	34 34 40
		None	8	Room temp. 0°C – 20°C	543 710 697	369 316 403	3 15 17	18 24 33	610 792 926	535 680 793	2 11 12	10 27 25	187 224 268	50 99 131	3 8 10	15 15 17	1,343 938 1,133	1,052 626 803	8 21 24	30 40 41
	Daylight	Dehydrated silicate (Stored in CO ₂)	9	Room temp. 0°C – 20°C					527 822 902	366 660 734	2 10 10	19 24 23								
		None (Stored in CO ₂)	10	Room temp. 0°C – 20°C	275 723 693	95 397 410	5 17 15	18 28 27	616 1,054 784	492 732 732	3 14 12	19 32 29								
		Dehydrated silicate	11	Room temp. 0°C – 20°C					563 876 798	454 714 618	2 15 16	22 33 32								

Table 6. Contents of pigments in dried laver stored for 10 months.

Storing method			Sample No.	Storage temp.	A (mg%)				B (mg%)				C (mg%)				D (mg%)			
					P. E.	P. C.	Carot.	Chloro.	P. E.	P. C.	Carot.	Chloro.	P. E.	P. C.	Carot.	Chloro.	P. E.	P. C.	Carot.	Chloro.
Vacuum sealed in rubber hydrochloride bag	Darkness	Dehydrated silicate	1	Room temp. 0°C – 20°C					654 869 979	378 663 740	10 9 14	26 27 29								
		None	2	Room temp. 0°C – 20°C	528 625 861	255 335 548	8 13 15	21 28 29	768 622 939	550 336 600	7 15 19	21 30 47								
	Daylight	Dehydrated silicate	3	Room temp. 0°C – 20°C					528 798 1,351	343 595 964	2 8 14	14 18 40								
		None	4	Room temp. 0°C – 20°C	566 604 734	304 320 436	9 13 15	25 29 31	1,146 1,436 901	872 934 701	8 13 10	30 34 26								
Sealed in rubber hydrochloride bag	Darkness	Dehydrated silicate (Stored in CO ₂)	5	Room temp. 0°C – 20°C					562 1,011 912	412 690 633	3 20 10	13 44 23	236 218 246	99 95 124	5 10 9	16 20 18	920 1,038 1,113	594 661 706	10 22 20	41 50 49
		None (Stored in CO ₂)	6	Room temp. 0°C – 20°C	587 620 850	353 323 532	5 14 17	21 31 36	466 848 994	315 647 749	4 9 12	25 24 27	222 217 248	82 105 124	5 10 9	15 16 19	1,286 1,089 1,038	1,066 696 641	12 17 20	39 38 47
		Dehydrated silicate	7	Room temp. 0°C – 20°C					595 723 735	421 544 550	1 9 13	18 24 32	179 179 250	60 83 128	2 10 11	15 21 21	1,002 979 999	798 681 713	4 17 19	35 38 45
		None	8	Room temp. 0°C – 20°C	605 840 664	417 526 361	3 15 16	24 30 29	650 979 826	583 776 634	2 15 11	20 35 30	186 229 249	70 112 131	3 11 9	16 20 20	1,219 932 1,090	969 629 725	8 20 16	41 45 36
	Daylight	Dehydrated silicate (Stored in CO ₂)	9	Room temp. 0°C – 20°C					521 686 776	392 518 605	3 10 11	19 35 29								
		None (Stored in CO ₂)	10	Room temp. 0°C – 20°C	396 753 808	201 452 500	2 13 14	15 30 30	528 765 1,117	527 618 764	2 11 10	17 35 33								
		Dehydrated silicate	11	Room temp. 0°C – 20°C					574 808 783	519 683 615	2 11 12	28 37 36								

Table 7. Contents of pigments in dried laver stored for 12 months.

Storing method			Sample No.	Storage temp.	A (mg%)				B (mg%)				C (mg%)				D (mg%)			
					P. E.	P. C.	Carot.	Chloro.	P. E.	P. C.	Carot.	Chloro.	P. E.	P. C.	Carot.	Chloro.	P. E.	P. C.	Carot.	Chloro.
Vacuum sealed in rubber hydrochloride bag	Darkness	Dehydrated silicate	1	Room temp. 0°C -20°C					526 794 859	374 695 921	11 9 11	30 24 28								
		None	2	Room temp. 0°C -20°C	716 968 390	423 800 364	9 12 14	26 35 30	426 1,001 949	518 692 711	9 12 16	24 31 35								
	Daylight	Dehydrated silicate	3	Room temp. 0°C -20°C					530 1,258 782	554 1,078 629	2 12 10	19 34 25								
		None	4	Room temp. 0°C -20°C	447 1,218 580	288 488 429	10 13 17	25 28 35	876 1,187 1,308	711 993 1,127	6 10 11	25 32 30								
Sealed in rubber hydrochloride bag	Darkness	Dehydrated silicate (Stored in CO ₂)	5	Room temp. 0°C -20°C					578 954 728	482 846 633	2 11 9	19 29 24	200 357 159	92 134 147	4 10 10	16 20 19	825 887 1,125	613 616 878	12 18 17	41 42 38
		None (Stored in CO ₂)	6	Room temp. 0°C -20°C	435 813 763	328 580 554	7 13 15	24 25 30	276 1,018 882	439 898 688	3 10 19	22 27 44	171 228 397	125 174 174	3 9 11	16 20 23	749 1,106 1,096	593 869 878	9 20 20	36 48 45
		Dehydrated silicate	7	Room temp. 0°C -20°C					561 892 792	616 823 695	1 9 13	18 22 34	207 245 197	85 129 236	2 9 10	19 19 21	966 899 1,099	882 993 865	8 19 22	31 43 51
		None	8	Room temp. 0°C -20°C	633 668 830	465 521 636	2 11 14	25 26 20	606 633 913	724 452 764	3 16 8	28 38 22	414 197 249	66 102 75	2 8 10	18 17 21	1,120 930 977	1,059 770 800	7 15 21	43 38 51
	Daylight	Dehydrated silicate (Stored in CO ₂)	9	Room temp. 0°C -20°C					352 721 937	259 649 833	1 8 9	17 29 26								
		None (Stored in CO ₂)	10	Room temp. 0°C -20°C	228 744 597	164 528 370	2 12 13	12 24 27	262 968 671	210 774 400	2 10 11	16 16 31								
		Dehydrated silicate	11	Room temp. 0°C -20°C					533 740 1,054	652 616 819	1 25 12	25 33 34								

えられる。しかし、貯蔵後4カ月目になると室温貯蔵と0°C貯蔵の間ではフィコエリスリンおよびカロチノイドは5%の危険率で有意の差があり、フィコシアニンでは1%の危険率で有意の差があり、いずれも0°C貯蔵のほうが色素含量が大であり、色素の変化が少ない。しかし、クロロフィルでは差が認められなかった。また、0°C貯蔵と-20°C貯蔵の間では各色素ともに差が認められなかった。貯蔵後6カ月目以降においては室温貯蔵と0°C貯蔵との間には各色素とも1%の危険率で有意の差が認められ、0°C貯蔵が大であり、色変が少ない。0°C貯蔵と-20°C貯蔵の間では、貯蔵後6カ月目以降も各色素ともまったく差が認められなかった。

結局、これらのことから、室温に貯蔵するよりは低温に貯蔵したほうが色素の変化が少ないということができる。

次に、同一貯蔵温度における貯蔵後2カ月目の試料（貯蔵初期）と12カ月目の試料（貯蔵終期）の間の色素の変化を調べた。すなわち、同一貯蔵温度の色素を全処理を通じて貯蔵後2カ月目の試料と12カ月目の間の色素含量の差の検定を行なうと、室温貯蔵では2カ月目と12カ月目の間には各色素とも1%の危険率で有意の差があり、2カ月目のほうが大であり、色素は貯蔵することにより変化を受けて少なくなるが、0°C貯蔵では各色素とも2カ月目と12カ月目の間に差がなく、色素は貯蔵初期より終期まで、変化を受けなかったと考えられる。-20°C貯蔵においてはフィコエリスリンは5%の危険率で有意の差があり、2カ月目のほうが大であるが、他の色素には差が認められなかった。すなわち、フィコエリスリンは-20°C貯蔵において終期には減少するが、他の色素は変化を受けない。このようなことは0°C貯蔵においては認められずに、より低温の-20°C貯蔵で認められたということは意外であつたが、その理由については、個体差の影響によるのか、あるいは色素定量法の不備によるのか、あるいは事実-20°Cのごとく水分の凍結した状態では、0°C貯蔵のごとく、水分が凍結するか、しないかの臨界点にあるものより色素の変化が大きいのか、いずれによるものか、今後の吟味を待たなければならない。

II 色素の変化に対する処理法の影響

各処理を施したものと、その対照となるものの間の色素含量の差を各貯蔵温度を通じてB試料について比較した。すなわち、遮光の影響については、試料番号1, 2, 7と3, 4, 11との、真空の影響については1, 2, 3と7, 8, 11の、炭酸ガス封入の影響については5, 6, 9と7, 8, 11との、炭酸ガス封入と真空の比較については1, 2, 3, 4と5, 6, 9, 10との間の差を検定した。その結果、各処理法を通じて貯蔵後2カ月目の試料には差がまったく認められず、処理法の違いにより色素の変化はないと考えられるが、貯蔵後12カ月目になるとフィコエリスリンは遮光と非遮光の間に5%の危険率で有意の差があり、非遮光が大となり、予想に反してフィコエリスリンは遮光すると、かえって減少するという結果になった。これについては前述のこととまったく同じ理由で、今後の吟味を待たなければならない。その他の色素については差が認められなかった。以上のことよりわれわれが行った処理法は色素の変化の防止法としてはあまり意味がないようである。

III 五感検査による評価

五感検査の評価点より、各種の条件をB試料について検討してみると、室温貯蔵はTable 10のごとく、評価点が低温貯蔵より明らかに低く、商品価値をもっていないものもまた多い。次に0°C貯蔵と-20°C貯蔵の間の差を全貯蔵期間を通じて検討してみると、1%の危険率で有意の差が認められ、-20°C貯蔵が大であり、-20°C貯蔵のほうが0°C貯蔵のものより明らかに商品価値が高い。さきに述べたように、色素含量では0°C貯蔵のものと-20°C貯蔵のものと間には差が認められなかったが、五感検査による総合判定では両者の間に明らかに差が認められた。

また、各処理法により比較してみると、遮光の影響については試料番号2, 8と4, 11との、真空の影響については2, 4と8, 11との、炭酸ガス封入の影響については6, 9と8, 11との、真空と炭酸ガス封入の比較には2, 4と6, 11との間の差を検定した結果によると、遮光と非遮光の間には差が認められず、真空と非真空では1%の危険率で有意の差が認められ、真空が大である。炭酸ガス封入と封入しないもので

Table 8. Chemical analysis of dried laver stored under various conditions.

Storing method			Sample No.	Storage temp.	Components (%)	A			B		
						2 months	6 months	8 months	2 months	6 months	8 months
Vacuum sealed in rubber hydro-chloride bag	Darkness	No desiccant used	2	Room temp.	Moisture	13.27	10.57	14.07	12.90	10.23	15.50
					Crude ash	11.13	11.04	10.91	13.50	13.32	13.41
					Crude protein	43.36	34.50	37.46	40.81	36.83	38.09
	-20°C				Moisture	14.30	11.27	13.11	14.68	12.70	15.26
					Crude ash	13.21	13.47	13.35	13.64	13.37	13.48
					Crude protein	41.24	37.26	38.51	43.08	34.66	37.50
Sealed in rubber hydro-chloride bag	Darkness	No desiccant used	6	Room temp.	Moisture	13.27	10.57	13.98	13.81	12.03	14.24
					Crude ash	9.41	10.03	9.61	14.02	13.76	13.82
					Crude protein	40.31	36.07	36.00	42.74	36.66	37.53
		-20°C			Moisture	13.70	11.27	12.66	14.54	12.25	15.08
					Crude ash	9.77	10.04	10.21	14.13	13.47	13.11
					Crude protein	40.95	35.75	37.73	44.22	36.18	37.92
	Daylight	No desiccant used	8	Room temp.	Moisture	13.17	12.19	15.94	12.93	11.12	21.97
					Crude ash	9.70	10.15	10.42	16.21	13.01	11.41
					Crude protein	41.16	34.45	36.33	41.36	35.83	37.56
		-20°C			Moisture	14.49	11.66	13.28	13.82	10.23	16.48
					Crude ash	9.75	11.26	10.57	14.28	14.12	14.02
					Crude protein	40.89	36.05	36.16	42.79	37.91	38.54
		Desiccant	11	Room temp.	Moisture				13.50	12.02	18.06
					Crude ash				14.15	13.34	13.83
					Crude protein				42.27	34.37	36.27
				-20°C	Moisture				14.84	12.12	16.28
					Crude ash				17.45	16.13	16.53
					Crude protein				41.94	34.41	35.49

は1%の危険率で封入したものが大である。結局、各処理を施すことは遮光を除いて有効な手段であると思われる。また真空と炭酸ガス封入では5%の危険率で有意の差があり、真空が大で、真空処理が各処理中もつとも有効であつた。

色素の変化防止には各処理法はあまり効果がないと思われたが、総合的には商品価値の低下防止には有効な手段と認めることができる。

IV “火入れ” 試料との比較

“火入れ” したものの色素含量は Table 2 に示すごとく、C 試料と D 試料の間には明らかな差が認められ、各色素とも“火入れ”することにより顕著な色素の減少を示す。A 試料と B 試料の間にはフィコエリスリンは5%の危険率で有意の差があり、B 試料が大であり、フィコシアニンも1%の危険率で B 試料が大であるが、カロチノイドは1%の危険率で A 試料が大であつた。またクロロフィルには差が認められなかつた。C 試料は“火入れ”により焙焼したもののごとく、緑青色を呈しており、そのために各色素は変化を受けて含量が減じたと考えられる。これに反して、A 試料は未だ黒紫色を保っているが、フィコエリスリンおよびフィコシアニンは減少している。カロチノイドは“火入れ”を施さない B 試料よりも多かつた。こ

Table 9. Milligrampercentages of free alanine, glutamic acid and aspartic acid in dried laver stored under various conditions.

Storing method			Sample No.	Storage temp.	Amino acid	A		B	
						2 months	8 months	2 months	8 months
Vacuum sealed in rubber hydrochloride bag	Darkness	No desiccant used	2	Room temp.	Alanine	1,316	1,308	997	1,007
					Glutamic a.	851	681	434	490
					Aspartic a.	294	285	177	232
				-20°C	Alanine	1,330	1,404	959	850
					Glutamic a.	805	615	628	847
					Aspartic a.	161	155	166	165
Sealed in rubber hydrochloride bag	Darkness	No desiccant used	6	Room temp.	Alanine	1,599	1,436	924	802
					Glutamic a.	726	593	530	499
					Aspartic a.	149	145	229	223
		No desiccant used	6	-20°C	Alanine	1,592	1,489	960	848
					Glutamic a.	721	656	669	598
					Aspartic a.	160	155	180	203
	Daylight	No desiccant used	8	Room temp.	Alanine	1,625	1,206	1,084	
					Glutamic a.	608	483	962	
					Aspartic a.	157	126	186	
		No desiccant used	8	-20°C	Alanine	1,307	1,291	1,027	1,006
					Glutamic a.	734	637	884	588
					Aspartic a.	152	142	275	239
	Daylight	Desiccant	11	Room temp.	Alanine			933	781
					Glutamic a.			788	508
					Aspartic a.			182	164
	Daylight	Desiccant	11	-20°C	Alanine			843	865
					Glutamic a.			737	595
					Aspartic a.			193	143

れは今後の吟味を要する点である。クロロフィルは両者に差がなかった。

次に、貯蔵後2カ月目と12カ月目のA試料を各貯蔵温度ごとに比較してみると、室温貯蔵ではフィコエリスリン、カロチノイドおよびクロロフィルが5%の危険率で有意の差があり、貯蔵初期の貯蔵後2カ月目の試料が大であった。フィコエリスリンには差が認められなかった。0°C貯蔵のものではフィコエリスリン、フィコシアニンには差が認められなかったが、カロチノイドとクロロフィルは5%の危険率で2カ月目が大であった。-20°C貯蔵ではフィコエリスリン、カロチノイドおよびクロロフィルが5%の危険率でフィコシアニンは1%の危険率で2カ月目が大であった。すなわち、“火入れ”したものの色素は各貯蔵温度とも、貯蔵後2カ月目には減少を示している。“火入れ”したものは貯蔵性が高いはずであるが、色素に関しては室温貯蔵の場合も、低温貯蔵の場合も含量が減少して、その効果は高いとはいえない。ただし、室温貯蔵の場合は“火入れ”しないものよりは減少度が少なく、有効であると思われる。

V 一般成分および呈味アミノ酸について

一般成分および呈味アミノ酸（アラニン、グルタミン酸およびアスパラギン酸）について貯蔵温度により

Table 10. Organoleptic test of dried laver stored under various conditions.

Storing method			Sample No.	Storage temp.	A				B				C				D			
					6 months	8 months	10 months	12 months	6 months	8 months	10 months	12 months	6 months	8 months	10 months	12 months	6 months	8 months	10 months	12 months
Vacuum sealed in rubber hydrochloride bag	Darkness	Dehydrated silicate	1	Room temp. 0°C -20°C																
		None	2	Room temp. 0°C -20°C					7	3 10	3 10	3 8 10								
	Daylight	Dehydrated silicate	3	Room temp. 0°C -20°C																
		None	4	Room temp. 0°C -20°C						2 8 10	2 8 9	1 9 9								
Sealed in rubber hydrochloride bag	Darkness	Dehydrated silicate (Stored in CO ₂)	5	Room temp. 0°C -20°C																
		None (Stored in CO ₂)	6	Room temp. 0°C -20°C					10	2 10 5	7 9 7	1 10 9	8 10	5 10	7 10	3 8	5 7	3 10	5 7	4 10
		Dehydrated silicate	7	Room temp. 0°C -20°C																
		None	8	Room temp. 0°C -20°C	0 8 10	0 8 10	0 5 10	0 5 8	0 4 10	0 0 7	0 0 6	0 4 10	0 10 10	0 8 10	0 0 9	0 1 10	0 0 8	0 0 4	0 0 7	0 2 9
	Daylight	Dehydrated silicate (Stored in CO ₂)	9	Room temp. 0°C -20°C					0 5 7	0 10 10	0 7 9	0 4 8								
		None (Stored in CO ₂)	10	Room temp. 0°C -20°C					0 5 7	0 5 7	0 7 6	0 5 7								
		Dehydrated silicate	11	Room temp. 0°C -20°C					0 7 8	0 4 5	0 0 8	0 0 8								

Scale used in this scoring test ranges from 0 to 10. (0: poor, 10: excellent)

Table 11. Milligrampercentages of pigments in dried laver stored at room temperature after storage in a refrigerator and its organoleptic test.

Date of analysis	Pigments and organoleptic test	Storage temp.	Date of taking out laver from a refrigerator			
			Aug. 20, 1960	Oct. 20, 1960	Dec. 20, 1960	Feb. 20, 1961
Oct. 23, 1960	P. E.	0°C -20°C	692 772			
	P. C.	0°C -20°C	512 586			
	Carot.	0°C -20°C	4 5			
	Chloro.	0°C -20°C	20 19			
	Organoleptic	0°C -20°C	0 0			
Dec. 24, 1960	P. E.	0°C -20°C	947 702	860 937		
	P. C.	0°C -20°C	721 517	770 760		
	Carot.	0°C -20°C	6 12	6 10		
	Chloro.	0°C -20°C	23 30	17 24		
	Organoleptic	0°C -20°C	0 3	2 8		
Feb. 23, 1961	P. E.	0°C -20°C	560 564	821 854	835 847	
	P. C.	0°C -20°C	454 441	670 702	657 686	
	Carot.	0°C -20°C	6 8	5 5	8 9	
	Chloro.	0°C -20°C	29 30	21 9	25 25	
	Organoleptic	0°C -20°C	2 2	2 4	2 7	
Apr. 23, 1961	P. E.	0°C -20°C	702 433	713 611	680 511	637 687
	P. C.	0°C -20°C	534 220	626 534	610 308	505 587
	Carot.	0°C -20°C	2 6	2 4	4 10	4 9
	Chloro.	0°C -20°C	20 29	19 16	17 24	20 25
	Organoleptic	0°C -20°C	0 0	0 2	0 10	0 8

その含量に差があるかどうかを、貯蔵後8カ月目のB試料の定量結果について検討した。その結果、室温貯蔵と -20°C 貯蔵の間には各成分とも差がみられなかった。次に、貯蔵後2カ月目の試料と8カ月目の試料の同一貯蔵温度における差を検討すると、室温では蛋白含量のみが1%の危険率で有意の差がみられ、2カ月目が大であり、また -20°C でも同様に蛋白含量のみが1%の危険率で差があり、2カ月目が大であった。また“火入れ”したものと、しないものでは、灰分およびアラニン含量に1%の危険率で差が認められ灰分は“火入れ”しないものが大で、アラニンは“火入れ”したものが大であった。

VI 放置試験

低温貯蔵したB試料を貯蔵後4カ月目以降順次冷蔵庫より出して室温に放置し、その色素の変化ならびに五感検査による変化を調べた。その結果、Table 11に示すごとく、2カ月放置すると成分は変化して商品価値が落ちる。しかし、 -20°C に貯蔵したものは五感検査では減少が少ないと思われる。

結 論

乾海苔を普通の状態で室温貯蔵すると、色変を起こしたり、異臭を発したりして、品質が低下する。しかし、低温に貯蔵すると、色素は安定な状態を保ち、商品価値もまた落ちない。ことに、 -20°C に貯蔵することは有効で、それをさらに真空包装、炭酸ガス封入などの処理を施せば一層の効果がある。したがって、このような処理によつて、常にほとんど新鮮な乾海苔を入手することが可能になると結論される。

最後に多量の試料海苔を提供され、また試料の冷蔵保管に便宜を与えられた日本冷蔵株式会社研究所、同仙台支社吉竹工場の方々に厚く御礼申上げる。また、五感検査に援助を頂いた仙台市千葉乾海苔店および本実験の化学分析に協力された本学学生遠藤英則君に感謝の意を表する。

文 献

- 1) 佐々木 勲・土屋靖彦：日本水産学会年会において報告 (1960).
- 2) WORKER, N. A.: *J. Sci. Food Agr.*, 8, 442 (1957).
- 3) FISCHER, H. and K. BREITNER: *Ann.*, 522, 151 (1936).
- 4) MORTON, R. A. and D. G. ROSEN: *Biochem. J.*, 45, 612 (1949).
- 5) 松浦文雄, ほか: 本誌, 20, 941 (1955).
- 6) 増山元三: 少数例の纏め方と実験計画の立て方, p. 40 (1951), 河出書房.