結合水による乾のり中のタンパク質量の推定

石原良美, 齋藤 寛, 森 徳久, 高野二郎

(1997年8月20日受付)

Estimation of Quantity of Protein in Dried Laver,
Porphyra spp. Based on Bound WaterYoshimi Ishihara,^{*1} Hiroshi Saito,^{*1}
Norihisa Mori,^{*2} and Jiro Takano^{*1}

For the purpose of estimation of quality of dried laver *Porphyra* spp. based on bound water, glucose decomposed from polysaccharide, water-soluble protein, chlorophyll-a, vitamin C, free amino acids and bound water were measured in 31 kinds of dried laver cultured at the same "nori"-farm from 1993 to 1996 at Miyato of Miyagi prefecture. Good correlation was observed between water-soluble protein and chlorophyll-a and between water-soluble protein and bound water as a result of these measurements. All the measured constituents of the dried laver were chosen as the subject of the multiple regression analysis. The results obtained showed that the amount of protein in the dried laver was estimated by the quantity of bound water in statistical probability. Therefore, it is possible to estimate the quantity of protein in dried laver, *Porphyra* spp. by bound water content.

キーワード: 乾のり, 時間領域反射法, 結合水, 多糖類, タンパク質, クロロフィル a, 重回帰分析

一般に良いのりは色が濃く艶があり、焼いた時に鮮やかな緑色を呈するものとされている。^{1,2)} のりの等級評価は検査員の経験的視覚的評価（主に色・艶・香）で行なわれているのが現状である。のりの等級評価は生産地・養殖法・生産時期等の違いを充分考慮して行われている。しかし、後継検査員の不足等の問題に対処するため、のりの品質評価を簡便で科学的客観的に行うことができる機械的検査法の開発が望まれている。これまで、微量無機物³⁾、全窒素・全遊離アミノ酸・全遊離糖含量⁴⁾、光合成色素含量^{4,5)}、遊離アミノ酸・脂肪酸組成・食物繊維^{6,7)}など、これらの測定値とのりの生産地、収穫時期、等級との間にどのような関係が存在するか検討されている。その結果、特定生産地においてはいくつかののりの成分と等級との間に相関性が認められているが、生産地や収穫時期が異なれば相関性が認められず、統一的なのりの品質評価法の確立には至っていない。また、物理的方法としてののりの光合成色素化合物のスペクトル法から、光合成色素化合物の含有量を測定し、のりの品質評価との相関が調べられている。^{8,9)} さらに、特定生産地

の特定収穫時期におけるのりの化学成分と養殖環境との関係¹⁰⁾や、生産地および等級を限定したのりの総合的な品質の評価法¹¹⁾についても検討されているが、いずれの報告においてものりの品質評価に関する明確な結論は得られていない。特に、生産地を限定して既に決まっているのりの等級（価格）を基準にして品質評価を行っても、統一的評価は得られていない。

一般に乾のりの価格は、検査員による等級付けの後、入札によって決定されているが、通常は11月初旬に収穫された乾のり（秋芽）に高い値が付く。しかし、価格は需要と供給の関係に大きく依存するため、価格が高いものが必ずしも良いのりとは限らないこともある。そこで価格等の等級が付けられる前に、高品質ののりを見分けることが必要となってくる。これまでに上級品ほどタンパク質が多く下級品ほど少ない、その一方で、炭水化物はこの逆の関係であることが報告されている。¹²⁾ この乾のり中のタンパク質が高分子化合物として立体構造を保持し、固有の機能を発現できる状態を保つためには、タンパク質は結合水を保持していなければならない

^{*1} 東海大学理学部化学科 (Department of Chemistry, School of Science, Tokai University, Kitakaname, Hiratsuka, Kanagawa 259-1292, Japan).

^{*2} 森 傳 (Moriden, Honcho, Funabashi, Chiba 273-8567, Japan).

い。^{13,14)} 乾のり中に存在するタンパク質が結合水を保持して存在しているならば、乾のり中の結合水が測定できる。その結合水量によって乾のり中のタンパク質の含有量が推定でき、最終的に結合水含有量がのりの品質評価の一要因になる可能性があるものと考ええる。

そこで著者らはのり中の水分含有量によるのりの品質評価法の開発を目的として、等級と水分含有量の関係について研究し、その結果同一生産地ののりについては等級と水分含有量との間には高い相関性が存在することを報告した。¹⁵⁾ のりは生育された環境に大きく影響され、生産地・養殖法・生産時期等で成分分布および成分量に多少の差が生じるものと考えられる。従って、本研究では生産地が同じで生産時期の異なる乾のりを用いて、のり中の成分として光合成色素としてのクロロフィル a、味を左右するアミノ酸、化学的に測定可能なグルコース換算多糖類、タンパク質、ビタミン C を定量し、さらに非破壊で物理化学的手法として優れている時間領域反射 (TDR) 法^{16,17)} を用いてのり中の結合水量について測定した。これら測定したのりの成分と従来使用されている官能検査評価との相関性について検討した。また、のりの成分相互の重回帰分析も行い、のりの品質がどのような要因によって決定されるかを検討した。将来的には、のりの品質評価を簡便で科学的客観的評価法にする必要があり、本研究はそのための基礎的研究である。宮城県宮戸産の乾のりについては、のりを破壊せずにそのままの状態で測定できる結合水を測定することで、乾のり中のタンパク質量とクロロフィル a 量を予測することができ、最終的に乾のりの品質評価を行うことが可能であるという結果が得られたので報告する。

実験方法

試料 実験に使用した乾のりは検査員による官能検査評価で等級が決定されて、生産地と生産時期が分かっているものである。同一生産地で生産時期が異なるのりとしては宮城県宮戸の同じのり棚で 1993 年、1994 年、1995 年、1996 年の 11 月から 3 月に浮き流し法で養殖された乾のり (スサビノリ, *Porphyra yezoensis*) 31 種類で、全て官能検査評価 (等級) が優 A である。これらの乾のりと比較するために生産地の異なる乾のりとしては 1995 年 2 月に全国 23 箇所浮き流し法で養殖された乾のり (スサビノリ, *Porphyra yezoensis*) 80 種類を用いた。以下に、使用した乾のりの生産地と生産時期を示す。

宮城県宮戸 (1993 年～1996 年)、佐賀県千代田 (1995 年 2 月 10 日)、佐賀県東与賀 (1995 年 2 月 10 日)、佐賀県広江 (1995 年 2 月 10 日)、福岡県高田 (1995 年 2 月 10 日)、熊本県河内塩屋 (1995 年 2 月 22 日)、熊本

県河内船津 (1995 年 2 月 22 日)、熊本県沖新 (1995 年 2 月 22 日)、熊本県住吉 (1995 年 2 月 22 日)、熊本県網田 (1995 年 2 月 22 日)、熊本県畠口 (1995 年 2 月 22 日)、香川県小豆島 (1995 年 2 月 10 日、1995 年 2 月 26 日)、香川県香西 (1995 年 2 月 10 日)、愛媛県玉津 (1995 年 2 月 23 日)、徳島県今津 (1995 年 2 月 11 日)、徳島県長原 (1995 年 2 月 11 日)、岡山県朝日 (1995 年 2 月 23 日)、岡山県児島 (1995 年 2 月 23 日)、岡山県九幡 (1995 年 2 月 23 日)、三重県三鈴 (1995 年 2 月 10 日)、三重県菅島 (1995 年 2 月 25 日)、三重県二見町 (1995 年 2 月 25 日)、三重県鈴鹿 (1995 年 2 月 25 日)、愛知県常滑 (1995 年 2 月 25 日)

これら測定に用いたすべての乾のりは、各測定を行う直前までシリカゲル存在下で密封し、4℃で保存した。

試薬 試薬はすべて和光純薬の特級、または生化学分析用を用いた。

乾のり中に含まれる多糖類、タンパク質、遊離アミノ酸量の測定 乾のり中のアミノ酸、多糖類、タンパク質は乾のり 1 g をミルミキサー (サン株式会社製, FM-33) を用いて 1 分間粉碎した後、蒸留水 100 ml に 25℃で 24 時間浮遊させ抽出した。アミノ酸は高速アミノ酸分析システムで、多糖類量は抽出液をオルシノール—硫酸法を用いて多糖類をグルコース単位に加水分解してグルコース換算量として、タンパク質量は Folin-Lowry 法を用いて定量した。

乾のり中に含まれるビタミン C 量の測定 ビタミン C は乾のり 1 g を前述のように粉碎した後、10%-トリクロロ酢酸 (TCA) 溶液 100 ml に 4℃ (冷蔵庫) で 24 時間浸漬し抽出した。ビタミン C 量はヒドラジン法を用いて定量した。

乾のり中に含まれるクロロフィル a 量の測定 クロロフィル a は乾のり 1 g を前述のように粉碎した後、95%-メタノール 100 ml に 4℃ (冷蔵庫) で 24 時間浸漬し抽出した。クロロフィル a は SHIMADZU LC-10 HPLC システム (ODS, 50℃, 430 nm, 95%-メタノール, 1 ml/min) を用いて定量した。

乾のり中に含まれる結合水含有量の測定 乾のり中に含まれる結合水含有量は時間領域反射 (TDR) 法^{16,17)} を用いて定量した。測定方法はまず、5 cm 角に切断したのりに短い波長のステップパルスを入射し、その反射波を測定し、フーリエ変換して複素誘電率を求めた。この複素誘電率に含まれているパラメータのうち、結合水の緩和時間 10^{-9} sec における緩和強度 ($\Delta\epsilon$ 結合水)¹³⁾ を算出した。乾のり中の自由水については TDR 法で緩和時間 10^{-12} sec における緩和強度 ($\Delta\epsilon$ 自由水)¹³⁾ で測定可能である。しかし、本研究に用いた乾のりを測定した結果、 10^{-12} sec の緩和時間に相当する自由水は測定

されなかった。従って、乾のり中の結合水含有率を算出する場合、乾のり中に自由水が存在する場合を仮定しなければならない。そこで、乾のり全体を自由水とした場合の $\Delta\epsilon_{\text{自由水}}=73^{16,17})$ を用いて、(1)式より算出した。

$$\text{結合水含有率} = \frac{\Delta\epsilon_{\text{結合水}}}{\Delta\epsilon_{\text{自由水}}} \times 100 \quad (1)$$

結 果

同一生産地の同一等級における生産時期が異なる乾のりの官能検査評価（価格）と成分量との関係 宮城県宮戸産の乾のりについて、1993年から1996年の各年度に収穫された乾のり31種類中に含まれるグルコース換算多糖類量、タンパク質量、クロロフィルa量、ビタ

ミンC量、結合水含有率を測定し、その結果をTable 1に示した。今回実験に使用した宮城県宮戸産の乾のりは、全て官能検査評価（等級）が優Aである。しかしTable 1に示したように官能評価が同じであっても、測定した乾のり中の成分量は、収穫年度および収穫時期によって大きく異なっていた。Fig. 1にその時の乾のりの価格に対するグルコース換算多糖類量、タンパク質量、クロロフィルa量、ビタミンC量を、Fig. 2にその時の乾のりの価格に対する結合水含有率を示したが、何れの場合も価格との間には全く相関は認められなかった。従って、同一生産地の同一等級の乾のりでさえものりの成分は一定ではなく、価格との間には全く相関性がないことがあらためて確認できた。

Table 1. Contents of glucose, water-soluble protein, chlorophyll-a, vitaminC and bound water in dried laver*

Harvest Date	Glucose (mg/100 g)	Protein (mg/100 g)	Chlorophyll-a (mg/100 g)	VitaminC (mg/100 g)	Bound water (%/100 g)
1993. 1. 8	6528	9926	19.59	15.82	0.3488
1993. 1.22	6696	8060	13.45	22.75	0.3496
1993. 2. 5	6948	10704	15.38	26.52	0.3712
1993. 2.19	5770	9584	15.28	19.21	0.3427
1993. 3. 5	5434	9117	15.42	10.56	0.07767
1993. 3.19	7621	9211	16.00	15.95	0.1408
1993. 3.30	8631	8091	9.19	14.88	0.06712
1994. 1.14	6457	9495	19.30	9.55	0.3101
1994. 1.28	7357	10052	20.25	15.34	0.3368
1994. 2.10	6187	9293	17.47	12.48	0.3163
1994. 2.25	6187	9095	19.69	9.62	0.3358
1994. 3.11	8617	7380	16.05	18.81	0.3447
1994. 3.31	11137	6523	14.76	19.18	0.2937
1994.11.24	5827	12716	21.88	10.22	0.5673
1994.12.21	5647	11128	13.97	5.70	0.5479
1995. 1. 9	3487	10563	22.84	6.75	0.4930
1995. 1.19	6187	12081	19.37	4.76	0.5336
1995. 2. 3	5197	9363	3.34	4.69	0.3747
1995. 2.17	6727	11552	20.34	7.76	0.5336
1995. 3. 3	8527	10034	12.32	5.48	0.5201
1995. 3.31	4567	8977	11.08	3.28	0.5177
1995.11. 7	4744	12308	19.59	25.30	0.2323
1995.11.18	2966	11053	13.45	17.30	0.2084
1995.12. 4	3613	10345	15.38	25.90	0.2496
1995.12.22	4421	10442	15.28	24.30	0.1936
1996. 1. 8	3209	14056	15.42	27.30	0.3799
1996. 1.30	4421	10699	16.00	22.90	0.1904
1996. 2. 8	2562	11985	9.19	19.00	0.2273
1996. 2.23	5229	12758	19.30	25.90	0.2466
1996. 3.24	3936	10023	20.25	42.20	0.2253
1996. 3.28	8462	10570	17.47	61.30	0.1999

* The laver was cultured in Miyato.

Fig. 1. Correlation between glucose, protein, chlorophyll-a, vitamin C and price in dried laver. The laver was cultured in Miyato.

■ Glucose ● Protein ▲ Chlorophyll-a ◆ Vitamin C

Fig. 2. Correlation between bound water and price in dried laver. The laver was cultured in Miyato.

■ 1993 ● 1994 ▲ 1995 ◆ 1996

タンパク質量については、収穫年度に関係なく、のりの生産時期が遅くなるとのり中のタンパク質量は減少する傾向が認められた。一方、グルコース換算多糖類量に

については、収穫年度に関係なく、のりの生産時期が遅くなるとのり中のグルコース換算多糖類量は増加する傾向が認められた。クロロフィル a、ビタミン C、結合水の

Table 2. Free amino acid composition of dried laver*

mg/100 g Harvest Date	Taurine	Aspartic acid	Threonine	Serine	Glutamic acid	Alanine	Valine	Methionine	Isoleucine	Leucine	Tyrosine	Phenylalanine	Lysine	Histidine	Arginine	Total
1993. 1. 8	1310.9	278.3	29.5	32.7	1051.9	938.9	40.9	0	27.8	34.4	30.6	28.5	16.8	11.5	25.3	3858.0
1993. 1.22	1237.8	281.2	34.1	20.8	974.5	710.0	41.9	0	25.3	33.9	28.7	27.6	16.7	11.4	13.2	3457.1
1993. 2. 5	1280.1	293.8	42.6	24.7	1148.4	1443.5	37.7	0	20.6	23.8	26.4	21.3	14.5	5.9	21.0	4404.3
1993. 2.19	1236.6	237.9	34.6	22.0	896.5	1201.7	31.1	0	16.7	21.4	25.4	19.7	12.0	8.9	15.2	3779.7
1993. 3. 5	1269.4	275.5	49.7	30.0	709.0	1332.7	30.3	0	16.4	19.7	24.9	15.6	12.2	7.3	21.3	3814.0
1993. 3.19	1112.2	149.1	21.5	12.8	665.1	791.9	30.0	0	18.0	23.9	27.1	18.9	9.0	0	12.7	2892.2
1993. 3.30	1035.6	198.4	29.4	16.3	718.9	816.2	34.4	0	19.6	26.4	18.2	14.5	12.6	4.3	20.6	2965.4
1994. 1.14	1505.1	232.3	39.3	30.1	950.7	1470.0	38.4	6.7	21.0	26.8	37.5	30.2	14.7	19.7	18.1	4440.6
1994. 1.28	1465.2	294.6	44.7	29.8	774.7	1238.8	40.5	0	23.7	37.0	36.7	31.5	16.6	7.6	22.8	4064.2
1994. 2.10	1425.9	211.5	34.4	18.1	980.8	805.7	45.7	6.1	28.7	34.8	32.0	27.4	16.9	8.5	21.0	3697.5
1994. 2.25	1429.6	192.8	38.6	21.6	1010.6	1555.6	44.8	0	25.8	33.2	36.9	27.1	16.4	7.8	26.1	4466.9
1994. 3.11	1341.4	276.5	46.3	23.9	932.0	826.3	46.2	6.1	30.2	36.2	33.0	26.0	17.1	7.9	25.0	3674.1
1994. 3.31	1158.7	55.8	37.6	9.6	860.0	1267.7	35.7	0	17.8	21.8	29.5	19.4	9.6	5.1	15.0	3543.3
1994.11.24	1322.0	263.2	33.3	30.5	947.0	441.5	40.5	0	29.1	39.3	20.0	32.6	18.1	11.2	27.7	3278.5
1994.12.21	1368.9	360.7	35.9	30.1	1038.8	1100.1	43.2	0	27.2	34.5	20.5	30.2	17.4	10.8	25.5	4166.2
1995. 1. 9	1396.4	249.9	45.0	28.4	846.4	1037.7	35.6	0	27.7	41.6	21.4	33.4	19.1	13.5	31.6	3827.7
1995. 1.19	1402.3	192.8	29.9	23.6	981.7	12267.4	33.7	0	24.0	35.1	19.6	31.2	16.3	8.5	18.3	4084.4
1995. 2. 3	968.3	142.7	21.1	14.0	925.0	809.7	38.1	0	22.4	32.9	19.1	26.4	14.6	10.0	23.7	3086.6
1995. 2.17	1417.2	321.3	51.6	30.2	1175.6	1301.6	37.6	0	25.9	37.2	22.2	32.2	19.5	14.7	30.3	4517.1
1995. 3. 3	1105.3	189.0	29.0	19.2	868.3	638.8	35.3	0	19.7	31.1	17.7	26.6	14.5	11.4	23.5	3042.9
1995. 3.31	931.1	140.4	28.8	13.3	892.8	1321.6	37.3	0	25.1	34.6	23.8	27.2	15.8	11.6	30.0	3533.4
1995.11. 7	1050.6	60.3	24.2	13.0	714.6	757.9	26.0	0	16.2	23.2	20.4	25.1	11.6	0	18.6	2786.8
1995.11.18	1187.4	47.0	26.3	13.2	587.6	951.2	27.3	0	20.7	27.2	14.8	25.8	11.0	0	14.2	2974.6
1995.12. 4	1090.8	70.9	29.3	13.9	558.0	822.3	29.4	0	20.1	29.8	21.4	25.5	12.0	9.4	24.6	2775.5
1995.12.22	1034.9	50.9	22.9	14.3	646.4	1157.6	17.0	0	13.0	19.4	19.5	20.4	9.6	6.2	12.1	3044.2
1996. 1. 8	1390.4	159.2	36.0	27.3	834.3	1330.5	29.5	0	23.3	41.6	24.7	33.7	24.5	16.5	36.2	4007.7
1996. 1.30	1308.2	215.1	24.8	25.4	917.7	1450.9	20.6	0	20.6	28.6	19.8	30.7	12.2	6.6	15.5	4099.0
1996. 2. 8	1402.1	201.9	39.2	27.9	884.2	1638.3	27.3	0	27.3	40.3	26.8	28.0	18.1	7.0	36.7	4409.0
1996. 2.23	1221.8	92.1	28.4	11.8	741.8	1141.7	19.2	0	19.2	30.8	23.2	31.9	13.7	10.8	25.6	3418.9
1996. 3.24	959.4	88.3	38.2	14.7	617.5	1152.8	21.1	0	21.1	30.4	22.2	26.6	13.1	9.2	17.7	3033.9
1996. 3.28	940.7	100.2	31.8	9.0	502.8	1314.7	19.7	0	19.7	26.4	20.0	21.8	11.7	0	15.2	3037.5

* The laver was cultured in Miyato.

各成分については、収穫年度や生産時期によって含有量が異なり、またその変動の仕方も収穫年度によって異なっていた。

Table 2 には宮城県宮戸産の1993年から1996年の各年度に収穫された乾のり31種類中に含まれる遊離アミノ酸(15種類)の測定値と、測定値より算出したアミノ酸総量を示した。Table 2 に示したように、各種遊離アミノ酸およびアミノ酸総量については、収穫年度によって変動の仕方が異なっていた。しかし、どの年度においても生産時期に関係なく、旨み成分の基本であるグルタミン酸・アラニン・アスパラギン酸の含有量は多く、それに比較して、苦みや辛み成分の基本であるバリン・ロイシン・チロシン・フェニルアラニンの含有量は少なかった。乾のりに含まれる遊離アミノ酸組成は各収穫年度および生産時期に関係なくほぼ一定であった。

乾のり中に含まれている各成分のうち、多糖類とタンパク質は乾のり中に最も多く含まれていることから、これらの2成分はのりの品質に大きく影響を与えているものと考えられる。本研究において、Folin-Lowry法により定量したタンパク質は水溶性タンパク質である。また、光合成色素として脂溶性のクロロフィルaを抽出し定量した。そこで、水溶性タンパク質量と脂溶性クロロフィルa量の関係を1993年から1996年度の各収穫年ごとにFig. 3に示し、相関性について検討した。その結果、水溶性タンパク質と脂溶性クロロフィルaと

の間には1994年($R=0.930$)と1995年($R=0.759$)の2年間については比較的高い相関性が認められた。また、タンパク質は他の測定した成分のうち、遊離アミノ酸、ビタミンCとの間にも収穫年度によって多少は異なるが、相関性が認められた。一般にのりが濃く見えるのは、水溶性色素タンパク質とクロロフィルaやカロテノイドなどの脂溶性色素が共に多く含まれている場合であり、従ってこれらの成分が共に多く含まれているとき、のりの品質も高くなるものと考えられる。

水溶性タンパク質は乾のり中ではタンパク質分子の周りに水分子を結合させて、安定な立体構造を保っていると考えられる。^{13,14)} 従って、タンパク質が多く含まれている乾のりには、結合水と定義される状態の水分子も多く存在していると推測される。またFig. 4に示したように、宮城県宮戸産の乾のりの場合は、4年間のうち1993年($R=0.828$)と1996年($R=0.777$)の2年間においては、タンパク質と結合水含有率の間にも比較的高い相関性が認められた。さらに、乾のり中の結合水含有率の変動とクロロフィルa量の間にも、Fig. 5に示したように4年間とも同様の傾向を示した。

このように、宮城県宮戸産の乾のりについては、乾のり中の結合水はタンパク質およびクロロフィルaとの間に、収穫時期に関係なく相関が認められたことは、のりの品質評価に関して大変注目すべき項目であると考えられる。従って、生産地を限定した場合、収穫時期に関係な

Fig. 3. Correlation between protein and chlorophyll-a in dried laver.

The laver was cultured in Miyato.

—□— Protein —○— Chlorophyll-a

Fig. 4. Correlation between protein and bound water in dried laver.
The laver was cultured in Miyato.

□ Protein ● Bound water

Fig. 5. Correlation between chlorophyll-a and bound water in dried laver.
The laver was cultured in Miyato.

○ Chlorophyll-a ● Bound water

くのり中の結合水を測定することで、タンパク質の含有量を推定できる可能性は高いと思われる。

生産地が異なる乾のりの成分分析 宮城県宮戸産の乾のりと比較するために、収穫時期が同じで生産地が異なる

る乾のりとして、試料に示した全国23箇所で養殖された、計80種類の乾のりについても、乾のり中のグルコース換算多糖類量、タンパク質量、クロロフィルa量、遊離アミノ酸量、ビタミンC量、結合水量を測定した。

さらに、これらの各測定値についても宮城県宮戸産の乾のりの場合と同様に各測定値間の相関を検討した。しかし、収穫時期が同じでも生産地が異なる乾のりの場合、各測定値間には相関性は認められなかった。従って、のりは生産地によって特徴が異なるものと考えられるが、その詳細については解明に至っていない。

重回帰分析による測定値の解析 Fig. 3, Fig. 4 に示したタンパク質に対するクロロフィル a および結合水の相関や、Fig. 5 に示したクロロフィル a と結合水の相関は、いずれもタンパク質に対する一次相関である。乾のりには、複数ののりの成分が複雑多岐にわたって関与していることから多変量解析が必要かつ重要であると思われる。そこで、乾のりの成分の中で、最も含有量が多いのりの品質に影響を与えている可能性が高いタンパク質を基準変数として、その他の測定値（各種遊離アミノ酸、グルコース換算多糖類、クロロフィル a、ビタミン C、結合水）を説明変数にして重回帰分析を行った。その結果、クロロフィル a についてはタンパク質との間に偏相関係数：0.75（有意確立 $p=0.00$ ）、結合水についてはタンパク質との間に偏相関係数：0.52（有意確立 $p=0.003$ ）の高い相関が認められた。さらに、クロロフィル a と結合水の 2 成分を用いた場合には、タンパク質に対する重相関係数は 0.77（有意確立 $p=0.00$ ）となり、同様の高い相関が認められた。統計学により計算されたこれらの結果より、タンパク質はクロロフィル a および結合水との間に高い相関性があることがわかった。従って、最終的に乾のり中のタンパク質およびクロロフィル a は乾のり中の結合水によって高い確率で予測できることがわかった。

考 察

のり中のグルコース換算多糖類、タンパク質、クロロフィル a、ビタミン C、遊離アミノ酸等の成分を完全に抽出して測定することは可能ではあるが、これらの成分を抽出するにはのりを粉砕器などを用いて粉砕しなければならず、抽出方法も測定する成分によって異なる。また各成分の測定方法も複雑で、測定に時間を要するものが多い。しかし、本研究においてのり中の結合水を測定するために用いた TDR 法は、のりを物理的に破壊することなくそのままの状態、簡便でかつ短時間に再現性良く測定できる利点がある。さらに、本研究において測定されたのり中の成分について重回帰分析を行った結果、のり中の結合水含有率からのり中のタンパク質を高い確率で予測することが可能であることがわかった。乾のり中に結合水が多く存在することは、立体構造を保持した水溶性タンパク質が多く存在していることを示唆している。

のりは生産地が異なれば、当然のりの生育した海水環境等を含めた養殖条件が異なり、多種多様なのりが生産されることになる。全国各地で生産されているのりの品質評価が統一的に行えることが望まれているが、まだ多くの問題点を抱えており困難であると考えられる。本研究においても、宮城県宮戸以外の全国 23 箇所で養殖された乾のり 80 種類のすべてについて、乾のり中の成分の測定を行い、得られた測定値について生産地を考慮せず統計学的解析を行った。その結果、宮城県宮戸産の乾のりの場合と異なり、乾のりの生産地が異なる場合はのりの統一的な品質評価を行うことはできなかった。しかし、本研究より、のりの品質評価は生産地を限定すれば、測定の簡便な結合水から信頼性の高い品質評価を行うことが可能であることがわかった。

文 献

- 1) 野田宏行：海藻の生化学的研究—Ⅱ あさくさのりの品質と一般成分との関係。日本誌, 37, 30-34 (1971).
- 2) 野田宏行, 岩田静昌：海苔製品向上の手引き。全国海苔貝類漁業協同組合連合会編, 東京, 1983, pp. 50-52.
- 3) 野田宏行：海藻の生化学的研究—Ⅲ あさくさのりの品質と無機成分との関係。日本誌, 37, 35-39 (1971).
- 4) 斎藤宗勝, 荒木 繁, 桜井武彦, 大房 剛：乾海苔における光合成色素含量および全窒素・全遊離アミノ酸・全遊離糖含量の時間的変動と産地間の相違。日本誌, 41, 365-370 (1975).
- 5) 天野秀臣, 野田宏行：のりの品種と光合成色素。日本誌, 44, 911-916 (1978).
- 6) 吉江由美子, 鈴木 健, 白井孝明, 平野敏行：生産地ならびに価格の異なる乾のりの遊離アミノ酸および脂肪酸組成。日本誌, 59, 1769-1775 (1993).
- 7) 吉江由美子, 鈴木 健, 白井孝明, 平野敏行：生産地ならびに価格の異なる乾のりの食物繊維および無機質。日本誌, 59, 1763-1767 (1993).
- 8) 岩本睦夫, 平田 孝, 鈴木忠直, 魚住 純, 石谷孝佑：近赤外スペクトル法による乾のり品質の評価。日本食品工業学会誌, 30, 397-403 (1983).
- 9) 岩本睦夫, 鈴木忠直, 平田 孝, 野田宏行, 魚住 純, 石谷孝佑：乾のりの赤外・近赤外スペクトルの特性と帰属について。日本食品工業学会誌, 30, 544-551 (1983).
- 10) 野田宏行：海藻の生化学的研究—Ⅳ 養殖のりの化学成分、品質と環境との関係。日本誌, 37, 391-396 (1971).
- 11) 玉野まり子, 北村廣志, 佐々木 裕, 香場康夫, 横山栄司, 田中秀幸, 野田宏行：乾のり品質評価。日本食品工業学会誌, 39, 357-362 (1992).
- 12) 野田宏行：紅藻類の科学, 「海藻の科学」(大石圭一編), 朝倉書店, 東京, 1983, pp. 71-85.
- 13) 上平 恒, 逢坂 昭：生体系の水, 講談社, 東京, 1990, pp. 112-120.
- 14) 野口 駿：食品と水の科学, 幸書房, 東京, 1992, pp. 227-263.
- 15) 石原良美, 齋藤 寛, 真下 悟, 高野二郎：水分含有量によるのりの評価。日本誌, 60, 389-390 (1994).
- 16) N. Shinyashiki, N. Asaka, S. Mashimo, S. Yagihara, and N. Sasaki: Microwave Dielectric Study on Hydration of Moist Collagen. *Biopolymers*, 29, 1185-1191 (1990).
- 17) T. Umehara, S. Kuwabara, S. Mashimo, and S. Yagihara: Dielectric study on Hydration of B-, A-, and Z-DNA. *Biopolymers*, 30, 649-655 (1990).