

---

## 研究報文

---

# ウズラ卵およびウズラ卵加工食品に含まれる ビタミン B<sub>12</sub> 量と供給源としての評価

桂 博美<sup>1</sup>, 上田 麻珠子<sup>1</sup>

Evaluation of Japanese Quail Eggs and its Products as a Vitamin B<sub>12</sub> Source

Hiromi Katsura, Mamiko Ueda

### Summary

The vitamin B<sub>12</sub> content in quail eggs is about 5 times higher than that in chicken eggs. Eggs laid by female Japanese quail birds of different ages were obtained and weigh these egg yolks. And the vitamin B<sub>12</sub> contained in the egg yolks was determined. As a result, eggs laid by birds of approximately age of 4-6 months had significantly higher yolk weight than that of eggs laid by 2- and 10-month-old birds. The mean vitamin B<sub>12</sub> content in eggs laid by 4-month-old and 6-month-old female birds were 0.47 µg / egg, and 0.61 µg / egg, respectively; intake of 5 quail eggs can exceed the amount of vitamin B<sub>12</sub> (2 µg) that can be saturated with intrinsic factors when secreted to stomach by a single meal intake.

The amount of vitamin B<sub>12</sub> contained in quail egg-processed foods was quantified and converted to a single intake. Boiled, seasoned, and smoked quail eggs were contained 1.5, 1.1 and 1.4 µg vitamin B<sub>12</sub> per single serving (50g), respectively, and these amounts can have a vitamin B<sub>12</sub> supplementation effect. In addition, pudding and ice cream made by using quail eggs all contain about 2 µg of vitamin B<sub>12</sub> per serving. Therefore, these sweets can be a source of vitamin B<sub>12</sub> for us.

Furthermore, the percentage of free vitamin B<sub>12</sub> after the artificial digestion test in the stomach was 4.5 times higher for quail eggs compared to chicken eggs (36 % vs. 8%). These results suggest that quail eggs are a more useful source of vitamin B<sub>12</sub> than chicken eggs for elderly people who are prone to vitamin B<sub>12</sub> deficiency due to reduced digestive ability.

(Received 31 August, 2019, Accepted 25 November)

## I. はじめに

日本ウズラ(英名 Japanese quail, 学名 *Coturnix japonica*)は鳥綱, キジ目, キジ科, うずら属に分類される。ウズラの体長は約 20cm であり, 体は丸く, 尾は短い。野生のウズラは世界各地に生息している。また, ウズラは, 紀元前 3000 年前のエジブ

トの壁画にも農民が畑で野生のウズラを捕獲している姿が描かれており, ギリシャ神話にも登場するなど, 古代より人との関わりが深い。中国におけるウズラ家畜化は, 日本より古く 1500 年前頃とされている。日本の家禽ウズラは, 400 年前頃から飼育されているとされているがその起源と家畜化の歴史は不明な点も多い<sup>1)</sup>。日本ウズラは, 孵化した際の体重は約 7g であり, 性成熟に関しては, 7 週齢(体重約 140g)で成熟期とされ, 体重の割に大きな約

---

<sup>1</sup>京都女子大学調理学研究室

10 g (体重の7%) の卵を産む。また、10ヶ月齢頃まで産卵率が80~90%と高い。生物学的な特徴としては、成長および性成熟が早い。また胚発生が早く、孵化日数が短い(16~17日)<sup>1)</sup>。

2005年のChangらの報告<sup>2)</sup>によれば、世界の家禽ウズラの飼養羽数は10億5千万羽と推定されており、その卵の生産量は、Minvielle(2004)の報告<sup>3)</sup>によれば中国70億個/年、ブラジル17~18億個/年である。ところで、ウズラ卵の卵黄には、重量当たりビタミンAが鶏卵の2.3倍、ビタミンB<sub>12</sub>が鶏卵の5.2倍と豊富である<sup>4)</sup>。しかし、ウズラ卵に含まれるビタミンB<sub>12</sub>については、多量に含まれるが、供給源としての評価はされていない。

現在の日本においては、高齢化が進み歯止めがからない中で、健康寿命の延伸に期待が集まっている。そのためには、高齢期の健康増進が欠かせない。高齢期には消化器の機能低下などにより摂食量および吸収量の両方が低下し、エネルギーやたんぱく質をはじめとした種々の栄養素が不足する。不足する栄養素の一つにビタミンB<sub>12</sub>があり、長期に亘って不足が続くと高ホモシステイン血漿を引き起こし、心疾患や動脈硬化などの循環器疾患の危険因子となる。ビタミンB<sub>12</sub>を豊富に含む食品としては、魚、レバー、卵黄などが挙げられる。先に述べたように、ウズラ卵の卵黄には鶏卵の重量当たりで約5倍のビタミンB<sub>12</sub>が含まれることから、ウズラ卵やその加工食品は高齢者にとって少量で効率よくビタミンB<sub>12</sub>を補給することができる「良質なビタミンB<sub>12</sub>供給源」となる可能性がある。

そこで、本研究においては、日本ウズラの月齢の異なる親ウズラが産んだウズラ卵を用いて、ビタミンB<sub>12</sub>の供給源として最適な親ウズラの月齢を検討した。また、ウズラ卵を用いた加工食品に含まれるビタミンB<sub>12</sub>量を定量し、加工の工程がビタミンB<sub>12</sub>量に与える影響を考察した。さらに、ウズラ卵について、胃内人工消化試験後の遊離型ビタミンB<sub>12</sub>割合を調べ、吸収のしやすさを評価し、摂食量が減少した高齢者に対するビタミンB<sub>12</sub>供給源としてのウズラ卵の適性を評価した。

## II. 方法

### 1 材料・試薬

試料は、養鶏・加工業者M社(室蘭市)の協力によって得られた月齢の異なる親ウズラ(2ヶ月齢、4ヶ月齢、6ヶ月齢、10ヶ月齢)の産んだウズラ卵とした。市販のウズラ卵加工品として、M社製の

水煮うずら卵、味付うずら卵、薫製うずら卵、うずら卵のプリン、うずら卵のアイスを試料とした。また、これらの市販品の比較結果を裏付けるため、ウズラ卵または鶏卵を用い、著者らが手作りしたアイスクリームについても試料とした。手作りアイスクリームの材料配合割合は、卵黄18%、砂糖14%、生クリーム55%、牛乳23%とした。なお、卵に含まれるビタミンB<sub>12</sub>は卵黄に局在するため、卵黄と卵白を分けることが可能な試料については、各々の重量を測定した後、卵黄含有率を算出し、卵黄のみを試料として用いた。

標品ビタミンB<sub>12</sub>および、ペプシン(商品名Pepsin from porcine gastric mucosa, powder, code:1001866798 P7000)はシグマ社(アメリカ合衆国)より、ビタミンB<sub>12</sub>定量用基礎培地は、日水製薬株式会社(東京都)より、*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis* ATCC7830株は、American Type Culture Collection(アメリカ合衆国)より購入した。その他一般的な試薬はナカライテスク株式会社(京都府)のものを用いた。また、ゲル濾過用のカラムはAmersham Biosciences社のPD-10 Columnを、プロテインアッセイCBB溶液(5倍濃縮)および牛血清アルブミンはナカライテスク株式会社より購入して用いた。その他一般的な機器を使用した。

### 2 試料中に含まれるビタミンB<sub>12</sub>量の定量

試料に含まれるビタミンB<sub>12</sub>量は、日本食品標準成分表の分析手法<sup>5)</sup>に従って抽出作業を行った。ウズラ卵は7~10個の卵黄をまとめた後に25gを秤量し、ビタミンB<sub>12</sub>の定量を行い、これをn=1とした。その他の試料においては、1つの食品ごとにn=1とし、試料数を、各々結果に表示した。抽出は、ビーカーに蒸留水50mlと0.02% KCN含む0.25mol/l酢酸緩衝液(pH 4.9) 25mlを入れて混合しておき、そこに生ウズラ卵黄25gを秤量して混合し、沸騰水浴中で1時間シアノ化熱水抽出を行った。ウズラ加工食品は、それぞれ25gに重量比1:1で蒸留水を加え、ホモジナイザーで均一化した。これに蒸留水50mlと0.02% KCN含む0.25mol/l酢酸緩衝液(pH 4.9) 25mlを加えて混和し、沸騰水浴中で1時間シアノ化熱水抽出を行った。なお、抽出も含め、以後の作業は全て遮光して行った。抽出後は、常温まで冷却し、重ねたガーゼでろ過して遠心分離(3,000 rpm, 5分)の上清を得て小分けして冷凍保存し、定量の際に随時解凍して、定量用試料とした。

ビタミンB<sub>12</sub>の定量は、ビタミンB<sub>12</sub>要求菌であ

る乳酸菌(ATCC7830株)の増殖活性を利用した微生物学的定量法を用いて行った。なお、本法は日本標準食品成分表の定量において採用されている方法であり、これに準じてビタミンB<sub>12</sub>定量用培地に前培養した前述の菌を接種して18時間培養した後、菌の増殖量(A.770 nm, 濁度)を測定した。

### 3 胃内人工消化試験および遊離型ビタミンB<sub>12</sub>割合の決定方法

生ウズラ卵(6ヶ月齢親鳥の卵)卵黄の胃内人工消化試験は、アンソン法をもとに一部改変し行った。試料1gを褐色試験管に取り、0.01%ペプシン溶液2mlおよび0.06 mol/l-HCL溶液29mlを加え、恒温槽37℃で30分間消化した。1 mol/l-NaHCO<sub>3</sub>溶液5mlを加えて反応を停止し、水中で5分間冷却した後、遠心分離(3,100 rpm, 15分間)し、その上清を胃内人工消化後試料とした。人工消化試験前後の試料0.5mlにグリセリン(約150μl)を加えて比重を高め、PD-10を用いてゲル濾過し、ろ液を0.5mlずつ回収し24本に分画した。24本の各画分についてビタミンB<sub>12</sub>を前述の方法に準じてシアノ化して定量し、さらにCBB溶液を用いた色素結合法によりタンパク質を定量した。なお、標準タンパク質は牛血清アルブミンとした。高分子画分のビタミンB<sub>12</sub>をタンパク質結合同型、低分子画分を遊離型として、タンパク質結合同型ビタミンB<sub>12</sub>割合および遊離型ビタミンB<sub>12</sub>割合を決定した。

### 4 統計処理

有意差の検定は、一元配置分散分析を行い、多重比較はTukey法によって行った。

## Ⅲ. 結果および考察

### 1 親ウズラの月齢と卵黄含有率について

養鶏場の協力のもと、親ウズラの月齢を特定したウズラ卵を入手し、卵黄に含まれるビタミンB<sub>12</sub>を定量した。その際、実験に用いたウズラ卵の全卵重量、卵黄重量を測定し、卵黄含有率を算出しTable 1に示した。なお、6ヶ月齢の試料はn=4と、試料個数が少なかった。全卵重量を比較すると2ヶ月齢に比べ4ヶ月齢および6ヶ月齢の親鳥の卵において有意に重く(p<0.001)、10ヶ月齢でも有意に(p=0.013)重かった。うずらは7週齢で成熟期とされるが、卵の重量から見ると、本実験の結果では4ヶ月齢以降に大きさが安定すると考えられた。ま

Table 1 生ウズラ卵の卵黄含有率

親ウズラの月齢	2ヶ月齢	4ヶ月齢	6ヶ月齢	10ヶ月齢
試料個数	19	21	4	19
全卵重量(殻なし, g)	8.5±0.7 <sup>a</sup>	9.4±0.7 <sup>b</sup>	10.5±0.1 <sup>b</sup>	9.2±0.7 <sup>b</sup>
卵黄重量(g)	3.1±0.3 <sup>a</sup>	3.6±0.3 <sup>b</sup>	3.6±0.2 <sup>b</sup>	3.2±0.3 <sup>a</sup>
卵黄含有率(%)	36.3±2.6	37.5±2.4 <sup>1</sup>	35.6±0.3	35.2±2.7 <sup>2</sup>

表中のab間および\*1と\*2間には、p<0.01で有意差が見られた。

た、卵黄重量を比較すると4ヶ月齢の親鳥の卵の卵黄は、2ヶ月齢および10ヶ月齢のものよりも有意に重かった(それぞれp<0.001およびp=0.003)。また、6ヶ月齢の親鳥の卵の卵黄は、2ヶ月齢のものよりも有意に重かった(p=0.009)。全重量でみると10ヶ月齢まで安定しているが、卵黄重量でみると4ヶ月齢および6ヶ月齢の親の卵のものが重く、ビタミンB<sub>12</sub>やビタミンAなど卵黄に含まれる栄養素を期待する場合、4~6ヶ月齢の親鳥が産んだウズラ卵の使用が望ましいと考えられる。卵黄含有率では、4ヶ月齢の親鳥の卵が10ヶ月齢のものよりも有意に高い値(p<0.01)であった。また、日本食品標準成分表2015に記載されたウズラ卵の卵黄含有率は38%と表示されており、今回のデータの4ヶ月齢の親の卵と同程度であった。

### 2 親ウズラの月齢と卵黄に含まれるビタミンB<sub>12</sub>量について

次に、これらのウズラ卵に含まれるビタミンB<sub>12</sub>量を定量した(Table 2)。2ヶ月齢、6ヶ月齢、10ヶ月齢の親鳥の生ウズラ卵は、25g(卵黄7~10個分)を用いてビタミンB<sub>12</sub>定量を行ったが、6ヶ月齢の親鳥の卵のみ半分量の12.5g(卵黄4個分)を用いてビタミンB<sub>12</sub>定量を行った。その結果、卵黄ビタ

Table 2 生ウズラ卵含有ビタミンB<sub>12</sub>量および生ウズラ卵1個あたりのビタミンB<sub>12</sub>量

親ウズラの月齢	2ヶ月齢	4ヶ月齢	6ヶ月齢	10ヶ月齢
試料個数	19	21	4	19
定量グループ数(n)	2	3	1	2
卵黄ビタミンB <sub>12</sub> 量(μg/100g)	11.4, 8.8	10.0, 11.5, 18.0	16.9	14.1, 8.6
全卵ビタミンB <sub>12</sub> 量(μg/100g)	4.1, 3.2	3.8, 4.4, 6.7	5.8	4.9, 3.0
卵1個あたりビタミンB <sub>12</sub> 量(μg)	0.35, 0.27	0.36, 0.41, 0.65	0.61	0.45, 0.28

ミン B<sub>12</sub> 量は定量値毎に大きな差が見られた。これら定量値の平均を全卵当たりに換算すると 3.0 μg/100 g ~ 6.7 μg/100 g となり、日本食品標準成分表 2015 年版に記載されている 4.7 μg/100 g とほぼ同程度であった。

さらに、卵 1 個当たりのビタミン B<sub>12</sub> 量を算出したところ、0.27 ~ 0.65 μg（平均 0.42 ± 0.13 μg）のビタミン B<sub>12</sub> が含まれていた。よって、これらのウズラ卵 5 個を摂取すると 1 回の食事で胃壁細胞から分泌されると言われる内因子（ビタミン B<sub>12</sub> 吸収に必須のタンパク質）を飽和させるビタミン B<sub>12</sub> 量 (2 μg)<sup>6)</sup> を上回ることができる。

### 3 ウズラ加工食品に含まれるビタミン B<sub>12</sub> 量について

ウズラ加工食品に含まれるビタミン B<sub>12</sub> 量の定量結果を、Table 3 に示した。水煮うずら卵、味付けうずら卵、薫製うずら卵の 3 品は、卵黄中に含まれるビタミン B<sub>12</sub> を定量した後、卵黄含有率の平均値を用いて全卵当たりに換算した。その結果、これらの 3 種の加工食品については、生ウズラ卵よりビタミン B<sub>12</sub> 含有量が 40 ~ 50 % 減少していた。加工では加熱や加圧などの処理があるが、これまでに著者らが報告した食品のデータ<sup>7)</sup> などから考えると加熱等によって半分にまでビタミン B<sub>12</sub> が減少することは考えにくい。ビタミン B<sub>12</sub> 減少に強く影響を与えるのは光照射である<sup>8,9)</sup>。よって、これらの商品が加工される前あるいは加工中、加工後のいずれかに何らかの状況下で光にさらされた可能性が考えられる。ただし、ウズラ卵加工食品に含まれるビタミン B<sub>12</sub> 量を定量し、1 回の摂取量を 5 個 (50 g) として

換算したところ、水煮、味付け、薫製のいずれも 1.5, 1.1, 1.4 μg のビタミン B<sub>12</sub> を含んでおり、ビタミン B<sub>12</sub> 補給効果が期待できる量であった。

一方、ウズラ卵を使用した菓子類であるプリン、アイスクリームについては、原材料全体における卵黄の割合（通常のレシピではプリンが 10% 程度、アイスクリームが 20% 程度）から予測すると、ビタミン B<sub>12</sub> は安定して保存されていた。このことは、これらの菓子類は外装として厚めの紙製のパッケージが用いられており、光に曝される可能性が低かったためと考えられる。うずらアイスの結果を裏付けるため、著者らも市販のウズラ卵を購入して、手作りウズラ卵アイスクリームを作成し、含まれるビタミン B<sub>12</sub> 量を定量した。しかし、手作りウズラ卵アイスクリーム 100 g に含まれるビタミン B<sub>12</sub> は、1.0, 1.4, 2.9, 0.8 μg と作るごとに値が大きく変動した。この理由としては、市販されているウズラ卵に含まれるビタミン B<sub>12</sub> の変動が大きい、つまり卵の保存環境の影響が大きいことが原因であると考えられる。一方、1 回の摂取量（当該商品のパッケージサイズ）当たりで考えると、プリン・アイスについては、いずれも 1 回摂取量あたりで約 2 μg のビタミン B<sub>12</sub> 量を含んでおり、間食を活用した貴重なビタミン B<sub>12</sub> 供給源となることが示された。

### 4 ウズラ卵卵黄の胃内人工消化試験前後の遊離型ビタミン B<sub>12</sub> 割合

生ウズラ卵（6 ヶ月齢の親の卵）卵黄の胃内人工消化試験後の遊離型ビタミン B<sub>12</sub> 割合を検討した。その結果、吸収のしやすさを示す遊離型ビタミン B<sub>12</sub> の割合は、胃内人工消化試験後において 35%、

Table 3 ウズラ卵加工食品等に含まれるビタミン B<sub>12</sub> 量

	ビタミン B <sub>12</sub> 量 平均 ± SD (μg/100g), n	1 回の摂取量* <sup>2</sup> (g)	1 回の摂取量当たりの ビタミン B <sub>12</sub> 量 (g)
水煮うずら卵* <sup>1</sup>	2.9 ± 0.3 (卵黄中 7.1 ± 0.8)	n = 3	50 (5 個)
味付けうずら卵* <sup>1</sup>	2.2 ± 0.7 (卵黄中 5.3 ± 1.6)	n = 3	50 (5 個)
薫製うずら卵* <sup>1</sup>	2.9 ± 0.1 (卵黄中 7.6 ± 0.2)	n = 3	50 (5 個)
うずら卵のプリン	1.9 ± 0.3	n = 2	90
うずら卵のアイス	2.0 ± 0.5	n = 2	110
手作りウズラ卵 アイスクリーム	1.0, 1.4, 2.9, 0.8	n = 4	110
			1.1, 1.5, 3.2, 0.9

\*1 卵黄含有率（平均）は、水煮うずら卵 41%、味付けうずら卵 41%、薫製うずら卵 38% であった。

\*2 1 回の摂取量は当該商品のパッケージサイズとした。

37%, 36% (n=3) であった。この結果を鶏卵卵黄の胃内人工消化試験後の結果<sup>7)</sup>と比較すると、鶏卵卵黄では胃内人工消化試験後の遊離型ビタミンB<sub>12</sub>割合が8%であったのに対し、ウズラ卵は4.5倍の36%であった。元来、ウズラ卵に含まれるビタミンB<sub>12</sub>量は鶏卵の5倍であり、胃内消化試験後に遊離型ビタミンB<sub>12</sub>が多いことを考え合わせると、高齢者にとってウズラ卵は鶏卵よりも有効なビタミンB<sub>12</sub>供給源となることが示唆された。

#### IV. 要約

日本標準食品成分表2015年版(七訂)によるとウズラ卵に含まれているビタミンB<sub>12</sub>は鶏卵より約5倍多い。そこで、日本ウズラの月齢の異なる親鳥が産卵した卵を入手し、卵黄重量、卵黄含有率、卵に含まれるビタミンB<sub>12</sub>量を測定した。その結果、4ヶ月齢～6ヶ月齢頃の親鳥が産んだ卵は2ヶ月齢および10ヶ月齢の親鳥の産んだ卵に比べて卵黄重量が有意に大きかった。バラつきが大きかったもののビタミンB<sub>12</sub>量これらの4ヶ月齢の親鳥が産んだ卵1個あたりに含まれるビタミンB<sub>12</sub>量は0.47±0.13μg (n=3)、6ヶ月齢の場合で0.61μg (n=1)であり、それぞれウズラ卵5個を摂取すると1回の食事で分泌される内因子を飽和させるビタミンB<sub>12</sub>量(2μg)を上回ることができる。

また、ウズラ卵加工食品に含まれるビタミンB<sub>12</sub>量を定量し、1回の摂取量あたりに換算したところ、水煮、味付け、薫製うずら卵のいずれも50g(5個)当たりで、それぞれ1.5、1.1、1.4μgのビタミンB<sub>12</sub>を含んでおり、ビタミンB<sub>12</sub>補給効果が期待できる量であった。さらに、ウズラ卵を使用したプリン・アイスについては、いずれも1回の摂取量当たりで約2μgのビタミンB<sub>12</sub>量を含んでおり、間食を利用したビタミンB<sub>12</sub>供給源となることが分かった。

ウズラ卵の卵黄に含まれるビタミンB<sub>12</sub>量が鶏卵より約5倍多いことに加え、胃内人工消化試験後の遊離型ビタミンB<sub>12</sub>割合は、鶏卵の8%に対して、ウズラ卵では36%と約4.5倍も高かった。以上のことから、ウズラ卵が、消化能力が低下したためにビタミンB<sub>12</sub>不足に陥りがちな高齢者などにとって鶏卵より有用性の高いビタミンB<sub>12</sub>供給源となることが示唆された。

#### V. 利益相反

本研究に関して利益相反はありません。

#### VI. 謝辞

本研究に試料をご提供いただきました、(株)室蘭うずら園 代表取締役の三浦忠雄様に心より御礼申し上げます。また、手作りウズラ卵アイスクリームに含まれるビタミンB<sub>12</sub>の定量にご協力いただいた山村愛美さん、若林奈歩さんに感謝申し上げます。

#### 引用文献

- 1) 2009年に発生した高病原性鳥インフルエンザの疫学調査について、農林水産省 高病原性鳥インフルエンザ疫学調査 報告、(2010)
- 2) Chang, G.B., Chang, H., Lin, X.P., Xu, W., Development research on the origin and phylogeny of quails. *World's Poultry Science Journal*, **61**: 105-112, (2005)
- 3) Minvielle, F., The future of Japanese quail for research and production, *World's Poultry Science Journal*, **60**: 500-507, (2004)
- 4) 七訂日本食品標準成分表(2015) 文部科学省 科学技術・学術審議会資源調査分科会 報告、(2015)
- 5) 日本食品標準成分表2015年版(七訂)分析マニュアル・解説、文部科学省科学技術・学術政策局 政策課 資源室監修、建帛社、156-159, (2016)
- 6) Scott J.M., Bioavailability of vitamin B<sub>12</sub>. *Eur. J. Clin. Nutr.* **51** Suppl 1: S49-53
- 7) 桂 博美, 乾 博, 土居幸雄, 調理・加工食品中ビタミンB<sub>12</sub>の吸収効率-高齢者に適した食品の検討- *Vitamins (Japan)*, **88** (5・6): 267-274, (2014)
- 8) Schneider, Z., Stroinski, A., *Comprehensive B<sub>12</sub>*, Walter de Gruyter (Berlin, New York) pp. 26-27 (1987)
- 9) Watanabe F., Katsura H., Abe K., Nakano Y., Effect of light-induced riboflavin degradation on the loss of cobalamin in milk, *J. Home. Econ. Jpn.*, **51**(3), 231-234