

### VI. ZUSAMMENFASSUNG

Ziel vorliegender Untersuchungen war eine nähere Charakterisierung und Beurteilung der Versorgung von Ziervögeln mit  $\beta$ -Carotin, Tocopherolen, Thiamin, Riboflavin und Vitamin B<sub>6</sub> über traditionell in der Ziervogelernährung eingesetzte Saaten unter Berücksichtigung des spezifischen Futteraufnahmeverhaltens dieser Tiere (Schälen der Saaten und Aufnahme der "Kerne").

Mindestens drei Chargen unterschiedlicher Herkunft der folgenden Saaten wurden untersucht:

- **Fettreiche Saaten:** Sonnenblumensaat (*Helianthus annuus*), Kardi (*Carthamus tinctorius*), Hanf (*Cannabis sativa*), Erdnuß (*Arachis hypogaeae*), Kürbissaat (*Cucurbita* ssp.), Rüben (*Brassica rapa*), Negersaat (*Guizotia abyssinica*)
- **Kohlenhydratreiche Saaten:** Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*), Haferkerne (*Avena sativa*), Mais (*Zea mays*), Glanz (*Phalaris canariensis*), Silberhirse (*Panicum miliaceum*)

Sowohl in den intakten Saaten, als auch in deren manuell gewonnenen Kernen und Schalen wurden die Gehalte an  $\beta$ -Carotin, Tocopherolen, Thiamin, Riboflavin und Vitamin B<sub>6</sub> bestimmt. Alle Vitamine wurden mittels Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) quantifiziert. Bei dem hier vorliegenden Probenmaterial waren Modifikationen der bekannten Bestimmungsmethoden bezüglich der Probenaufbereitung und der Probenmessung erforderlich.

*Folgende Ergebnisse wurden erzielt:*

1. Die hier näher beschriebenen bezüglich der Probenaufbereitung und der Probenmessung modifizierten Methoden zur Quantifizierung der einzelnen Vitamine waren gut reproduzierbar:
  - **Tocopherole:** Variationskoeffizienten (VK) von 3,2 % für  $\alpha$ -, 1,3 % für  $\gamma$ - und 1,6 % für  $\delta$ -Tocopherol bei Standardlösungen bzw. von 6,1 [ $\alpha$ -T], 4,1 [( $\beta$ + $\gamma$ )-T] und 8,4 % [ $\delta$ -T] bei Probenmaterial
  - **Thiamin und Riboflavin:** VK von 1,4 % für Thiamin und 0,5 % für Riboflavin bei Standardlösungen bzw. von 5,0 und 1,7 % bei Probenmaterial. Die Beziehung zwischen Konzentration und Peakfläche war im Meßbereich linear (Thiamin: 0,1 - 0,5  $\mu$ g/ml, Riboflavin: 0,05 - 0,25  $\mu$ g/ml)
  - **Vitamin B<sub>6</sub>:** VK von 1,2 % für Pyridoxal, 2,0 % für Pyridoxin und 2,8 % für Pyridoxamin bei Standardlösungen bzw. von 2,5, 3,4 und 8,5 % bei Probenmaterial. Die Beziehung zwischen Konzentration und Peakfläche war von 30 bis 150 ng/ml linear.
2. Die höchsten  $\beta$ -Carotin-Gehalte wurden in Rüben (1,7  $\mu$ g/g uS) und Mais (1,1  $\mu$ g/g uS)

## VI. ZUSAMMENFASSUNG

- nachgewiesen. Die übrigen Saaten enthielten weniger als  $0,5 \mu\text{g/g uS}$  (=  $834 \text{ IE/kg uS Vit. A}$ )
3. Fettreiche Saaten wiesen im Kern allgemein höhere Gesamt-Tocopherol-Gehalte ( $100 - 600 \mu\text{g/g TS}$ ) als kohlenhydratreiche Saaten ( $5 - 65 \mu\text{g/g TS}$ ) auf. In Sonnenblumensaat, Kardi, Erdnüssen und Negersaat wurden dabei mehr als 70 %  $\alpha$ -Tocopherol nachgewiesen, während Hanf, Kürbissaat, Rübsen, Buchweizen, Mais, Glanz und Silberhirse mehr als 50 % ( $\beta + \gamma$ )-Tocopherol enthielten. Die Gesamt-Tocopherolgehalte je 100 g Rfe im Kern variierten sehr stark ( $5,6 - 316 \text{ mg/100 g Rfe}$ ). Beim  $\alpha$ -Tocopherol wurden im Kern Gehalte zwischen  $0,4$  (Glanz) und  $104 \text{ mg/100 g Rfe}$  (gestreifte Sonnenblumensaat) nachgewiesen.
  4. Die Thiamingehalte [Bedarf beim Nutzgeflügel (NRC 1994):  $1 - 2 \text{ mg/kg Futter}$ ] in den Kernen variierten zwischen  $2,7$  und  $20,7 \mu\text{g/g TS}$ . Hohe Gehalte ( $> 10 \mu\text{g/g TS}$ ) wurden in den Kernen von Sonnenblumensaat und Hanf, niedrigere Gehalte ( $< 5 \mu\text{g/g TS}$ ) in Kürbiskernen und Mais ermittelt.
  5. Bei allen untersuchten Saaten mit Ausnahme der Negersaat wurden in den Kernen Riboflavingehalte [Bedarf beim Nutzgeflügel (NRC 1994):  $2,5 - 4,0 \text{ mg/kg Futter}$ ] von  $< 4 \mu\text{g/g TS}$  nachgewiesen. Außerdem war dieses spezielle Vitamin nicht primär im Kern lokalisiert, sondern zu einem relativ großen Prozentsatz im Schalenmaterial enthalten (Konzentration in den Schalen:  $48 - 124 \%$  relativ zur intakten Saat).
  6. In den Kernen der hier untersuchten Einzelfuttermittel wurden Vitamin B<sub>6</sub>-Gehalte [Bedarf beim Nutzgeflügel (NRC 1994):  $2,5 - 4,5 \text{ mg/kg Futter}$ ] zwischen  $1,5$  und  $14,6 \mu\text{g/g TS}$  ermittelt. Gute Vitamin B<sub>6</sub>-Quellen waren Sonnenblumensaat, Kardi, Hanf und Rübsen ( $> 8 \mu\text{g/g TS}$  in den Kernen). Die Vitamin B<sub>6</sub>-Gehalte in Erdnüssen, Kürbis-, Hafer-, Glanz- und Silberhirsekernen betragen weniger als  $4 \mu\text{g/g TS}$ .

Verglichen mit Versorgungsempfehlungen für das Nutzgeflügel dürfte eine bedarfsdeckende Versorgung von Ziervögeln mit  $\beta$ -Carotin bzw. Riboflavin über die hier untersuchten Saaten ohne Supplementierung nur bedingt möglich sein. Eine marginale bis unzureichende Versorgung ist zudem je nach Hauptkomponente des Mischfutters bzw. entsprechender Selektion durch den Vogel bei Vitamin E und -B<sub>6</sub> (z.B. Glanz) zu erwarten. Die Versorgung mit Thiamin dürfte bei Fütterung der hier untersuchten Saaten ausreichend sein.

Aus den vorliegenden Untersuchungen ergeben sich erstmalig quantitative Vorstellungen zu den Vitamingehalten der wichtigsten Einzelfuttermittel für Ziervögel. Zur genaueren Beurteilung der Vitaminversorgung von Ziervögeln unter den genannten Fütterungsbedingungen sind jedoch weiterführende Untersuchungen zum Bedarf (vergleichbar dem Nutzgeflügel?) und zur Bioverfügbarkeit (z.B. Pyridoxin- $\beta$ -Glucosid?) verschiedener Vitamine erforderlich.

### VII. SUMMARY

Heisler, Karen

**Investigations of vitamin contents ( $\beta$ -carotene, vitamin E, thiamine, riboflavin and vitamin B-6) of lipid- and carbohydrate-rich pet bird nutritional seeds**

The aim of the present study was to closer characterize supply of granivorous pet birds with  $\beta$ -carotene, tocopherols, thiamine, riboflavin and vitamin B-6 through various seeds traditionally used in pet bird nutrition. The typical feeding behavior of granivorous birds (ingesting the kernels while discarding the hulls) was taken into consideration, analyzing whole seeds as well as manually skinned kernels and separated hulls for their contents of  $\beta$ -carotene, tocopherols, thiamine, riboflavin and vitamin B-6.

The following seeds were studied taking at least three samples from different batches of seeds

- **Seeds with high lipid content:** sunflower seed (*Helianthus annuus*), safflower seed (*Carthamus tinctorius*), hempseed (*Cannabis sativa*), peanut (*Arachis hypogaea*), pumpkin seed (*Cucurbita* spp.), rape seed (*Brassica rapa*), niger (*Guizotia abyssinica*)
- **Seeds with high carbohydrate content:** buckwheat (*Fagopyrum esculentum*), oat (*Avena sativa*), corn (*Zea mays*), canary grass seed (*Phalaris canariensis*), millet (*Panicum miliaceum*)

Activity of all vitamins was determined by high-performance liquid chromatography (HPLC). For this purpose standard methods of sample preparation and specific analysis, respectively, had to be modified in order to meet high recovery and accuracy of analysis for this specific application.

*The following results were obtained:*

1. The applied, modified techniques for detection of different vitamins yielded very good reproducibility:
  - **Tocopherols (TP):** standards were recovered with a relative standard deviation (RSD) of 3.2 % for  $\alpha$ -TP, 1.3 % for  $\gamma$ -TP and 1.6 % for  $\delta$ -TP. As a result of the difficult sample preparation analysis of biological materials resulted in a slightly larger variability of 6.1 % for  $\alpha$ -TP, 4.1 % for ( $\beta$ + $\gamma$ )-TP and 8.4 % for  $\delta$ -TP (RSD).
  - **Thiamine and riboflavin:** standards were recovered with a RSD of 1.4 % for thiamine and 0.5 for riboflavin. Biological samples yielded 5.0 and 1.7 % for thiamine and riboflavin, respectively. The relationship between concentration and peak area was linear in the range of 0.1 to 0.5  $\mu\text{g/ml}$  for thiamine and of 0.05 to 0.25  $\mu\text{g/ml}$  for riboflavin, respectively.

## VII. SUMMARY

1. **Vitamin B-6:** Standards were analyzed with RSD of 1.2 % for pyridoxal, 2.0 % for pyridoxine and 2.8 % for pyridoxamine and of 2.5, 3.4 and 8.5 %, respectively, for biological materials. The relationship between concentration and peak area was linear in the range of 30 to 150 ng/ml.
2. Highest levels of  **$\beta$ -carotene** were found in rape seed (1.7  $\mu\text{g/g}$  ww) and corn (1.1  $\mu\text{g/g}$  ww). All the other studied seeds contained less than 0.5  $\mu\text{g/g}$  ww ( $\approx$  834 IU/kg vitamin A).
3. The content of **tocopherols** in high-lipid seeds was generally higher (100 - 600  $\mu\text{g/g}$  dm) than in high-carbohydrate seeds (5 - 65  $\mu\text{g/g}$  dm). Sunflower seed, safflower seed, peanuts and niger contained more than 70 %  $\alpha$ -TP, whereas more than 50 % ( $\beta$ + $\gamma$ )-TP were found in hempseed, pumpkin seed, rape seed, buckwheat, corn, canary grass seed and millet. The total TP content per 100 g crude fat varied in a wide range (5.6 to 316 mg/100 g crude fat). For  $\alpha$ -TP 0.4 to 104 mg/100 g crude fat were found.
4. Kernel **thiamine** levels of the analyzed seeds varied in the range of 2.7 to 20.9  $\mu\text{g/g}$  dm [requirements of poultry (NRC 1994): 1 - 2 mg/kg of diet]. High thiamine levels ( $>$  10  $\mu\text{g/g}$  dm) were found in the kernels of sunflower seed and hempseed, whereas the thiamin content in the kernels of pumpkin seed and in corn was relatively low ( $<$ 5  $\mu\text{g/g}$  dm).
5. Kernels contained generally less than 4  $\mu\text{g/g}$  dm **riboflavin** (exception: niger) [requirements of poultry (NRC 1994): 2.5 - 4.0 mg/kg of diet]. Relatively high levels of riboflavin were found in the hulls with concentrations between 47.5 and 124 % relative to whole seeds.
6. Kernel **vitamin B-6** content varied in a range of 1.51 to 14.6  $\mu\text{g/g}$  dm [requirements of poultry (NRC 1994): 2.5 - 4.5 mg/kg of diet]. High levels were found in sunflower seed, safflower seed, hempseed and rape seed ( $>$  8  $\mu\text{g/g}$  dm), whereas the kernels of peanuts, pumpkin seed, oat, canary grass seed and millet contained less than 4  $\mu\text{g/g}$  dm.

Evidently,  $\beta$ -carotene and riboflavin requirements of pet birds cannot be met by exclusively feeding the analyzed seeds. Under certain feeding conditions (e.g. the bird is offered only few seeds or birds exhibit a selective feeding behavior) vitamin E and B-6 can be short in supply without supplementation (e.g. canary grass seed). Only for thiamine, the relatively high activity of the analyzed seeds is expected to meet the animals' demand.

The obtained data on commonly used seeds in pet birds allow estimates as to maximal amount of vitamins available to birds on the basis of specific grain blends. *In vivo*, however, the degree of vitamin supply towards the demand may be variable due to different vitamin requirements of granivorous birds compared to poultry and reduced bioavailability, so that a complete assessment of vitamin supply to granivorous pet birds will have to await data from studies *in vivo*.