

KUALITAS TEPUNG IKAN SEBAGAI CAMPURAN PAKAN UNGGAS DAN GAMBARAN TOKSISITASNYA

YUNIONGSIH

Balai Penelitian Veteriner, P. O. Box 52, Bogor 16114

ABSTRAK

Tepung ikan merupakan sumber protein yang cukup penting untuk campuran pakan ternak disamping berfungsi untuk penggemukan. Tetapi disisi lain, waktu dan kondisi penyimpanan tepung ikan ini harus diperhatikan, karena suatu saat akan terjadi pembusukan apabila disimpan dalam waktu cukup lama. Apabila kuman *Clostridium* sp. dominan selama pembusukan maka terjadi perubahan yang cepat pada asam amino dengan 3 macam reaksi yaitu deaminasi, dekarboksilasi dan kedua reaksi oksidasi/reduksi yang dapat menghasilkan bermacam-macam senyawa amin, amonia, karbondioksida, asam-asam keto dan asam-asam lemak. Berdasarkan hasil pemeriksaan toksikologik terhadap 15 sampel tepung ikan yang diterima di laboratorium diagnostik, Balai Penelitian Veteriner (Balitvet) Bogor, antara tahun 1999-2000 menunjukkan bahwa jumlah sampel yang mengandung amonia (senyawa amonium) sebanyak 15 sampel (100%), histamin: 9 sampel (64%) dan nitrat: 2 sampel (14%). Maka dapat disimpulkan bahwa senyawa toksik yang utama terdapat dalam tepung ikan adalah histamin (reaksi dekarboksilasi) dan amonia sebagai hasil pembusukan.

Kata kunci: Tepung ikan, histamin, amonia, nitrat

ABSTRACT

THE QUALITY OF FISH MEAL FOR ANIMAL FEED AND ITS TOXICITY

Fish meal is an important source of protein in feed. However its storage time and condition should be carefully observed as they may cause the fermentation if stored for long time. When *Clostridium* spp are dominant during proteolytic reactions, extensive changes to amino acids can occur by three different types of reactions: deamination, decarboxylation and coupled oxidation/ reduction, which result in the production of amines, ammonia, carbondioxide, keto acids and fatty acids. Based on the result of toxicological examination in fish meal samples which were received from 1999 to 2000 in diagnostic laboratory, Balitvet- Bogor, the samples contain ammonia: 15 samples (100%), histamine: 9 samples (64%) and nitrate: 2 samples (14%). As a conclusion histamine (decarboxilation reaction) and ammonia are a primary toxic substance in fish meal.

Key words: Fish meal, histamine, ammonia, nitrate

PENDAHULUAN

Sejak 1997 krisis moneter melanda Indonesia, maka industri peternakan merasakan dampaknya karena tingginya harga bahan baku pakan terutama bahan baku tersebut masih tergantung pada bahan baku impor, diantaranya adalah tepung ikan. Dengan meningkatnya nilai dolar maka secara langsung menimbulkan kenaikan harga tepung ikan tersebut, yang mengakibatkan tidak terjangkaunya pembelian tepung ikan oleh sebagian besar peternak. Maka terjadilah penumpukan bahan baku tepung ikan yang oleh para importir maupun pedagang yang tidak bisa dipasarkan. Dilain pihak, akibat penumpukan tepung ikan dalam jangka waktu tertentu dapat menimbulkan kerusakan pada tepung ikan terutama pada struktur proteinnya sehingga akan menurunkan nilai zat gizi. Kemungkinan akan terbentuk senyawa toksik yang dapat meracuni atau mungkin mengakibatkan kematian bagi ternak. Salah satu senyawa toksik tersebut adalah

histamin atau nama lainnya adalah 4-(2-amino ethyl) imidazole yang merupakan jenis amin paling toksik dibandingkan dengan jenis amin lain.

Histamin berasal dari tepung ikan yang terdapat pada jenis-jenis ikan tertentu, misalnya ikan Scombroid. Jenis ikan ini mengandung cukup tinggi histidin bebas sehingga dalam produk tepung ikan mempunyai kandungan histamin yang cukup tinggi yang berasal dari pembentukan histamin selama proses pemanasan. Dalam kandungan tertentu, histamin dapat menimbulkan keracunan pada unggas.

Histamin dalam tubuh akan dimetabolisme oleh 2 jenis enzim yaitu enzim diamin oksidase (DAO) dan enzim histamin N-metil transferase (HMT). HMT mengubah histamin menjadi N-metil histamin dan DAO mengubah histamin menjadi asam asetat imidazole (IAA) dan dikonjugasi dengan ribose sebelum dieksresikan. Kemudian histamin dapat juga diasetilasi untuk membentuk N-asetilhistamin kemudian menembus dinding bakteri yang aktif disaluran usus.

Umumnya tingkat hasil metabolisme histamin tertinggi ditemukan di dalam usus, hati, ginjal, paru-paru dan limpa. (TAYLOR, 1986).

Di sisi lain tepung ikan ini merupakan salah satu bahan baku yang sangat diperlukan untuk campuran pakan ternak, sebagai sumber protein untuk mempercepat pertambahan berat badan (fattening).

Di samping mempunyai kandungan protein yang cukup tinggi, tepung ikan juga merupakan sumber mineral, misalnya kandungan unsur kalsium yang cukup tinggi yaitu 80 g/kg, kemudian fosfor 35 g/kg dan juga sejumlah mineral lainnya seperti magnesium, besi dan iodin. Kemudian tepung ikan juga sebagai sumber vitamin misalnya vitamin B kompleks, khususnya koline, B-12 dan riboflavin (DONALD *et al.*, 1981).

Pencampuran tepung ikan ke dalam pakan ternak dilakukan ketika pemberian pakan pada hewan usia muda, yaitu mempercepat pertumbuhan pada tahap awal dan tahap akhir sehingga menaikkan berat badan yang biasanya dicampurkan dalam pakan sekitar 3–10%.

KUALITAS TEPUNG IKAN DALAM CAMPURAN PAKAN

Proses pembuatan tepung ikan terdiri dari proses pengeringan dan penggilingan dari beberapa jenis ikan. Proses pembuatan tepung ikan ini akan berpengaruh terhadap hasil akhir, misalnya kualitas protein dari tepung ikan. Hal ini tergantung dari tingkat dan lamanya waktu pemanasan (DONALD *et al.*, 1981).

Kualitas tepung ikan sangat berpengaruh pada hewan yang mengkonsumsinya. Berdasarkan The International Association of Fish Meal Manufacture (DONALD *et al.*, 1981) dinyatakan bahwa kualitas tepung ikan dapat dibagi menjadi empat golongan, sebagai berikut:

1. Kandungan protein tinggi yaitu mengandung protein lebih dari 680 g/kg dan kurang dari 90 g minyak/kg.
2. Kandungan protein reguler yaitu mengandung protein antara 640-679 g/kg dan kandungan minyak cukup banyak yaitu 130 g/kg.
3. Protein regular dengan kandungan minyak rendah yaitu 640-679 g protein/kg dan kandungan minyak 60 g/kg.
4. Protein standar yaitu kandungan protein 600–639 g/kg.

Sementara hasil produk akhir dari tepung ikan rata-rata kurang lebih mengandung 55% protein dan tidak lebih mengandung 4% garam. Kriteria lain untuk menetapkan kualitas tepung ikan adalah rasio efisiensi protein, keseimbangan nitrogen, digestibilitas protein, metionin dan lysin. Salah satu contohnya adalah metionin. Tingginya kandungan sulfoksida (dari bentuk

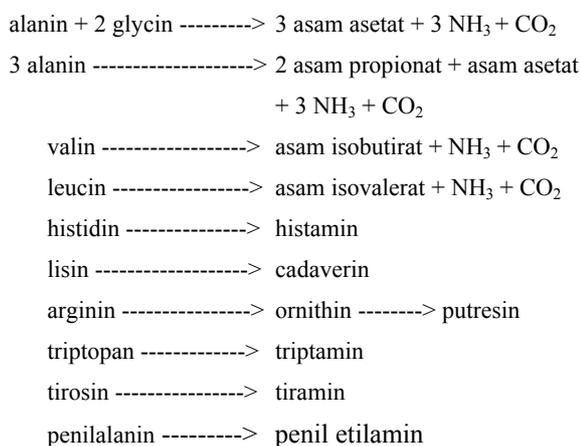
metionine sulfoksida) dalam tepung ikan maka dapat dihubungkan dengan kualitasnya yang kurang baik. Adanya sulfoksida ini menunjukkan telah terjadi proses oksidasi pada protein tepung ikan tersebut selama penyimpanan (AKSNES dan NJAA, 1984).

GAMBARAN TOKSISITAS DALAM TEPUNG IKAN

Pada suatu peternakan dengan populasi yang cukup tinggi akan memerlukan persediaan pakan yang cukup banyak pula sehingga perlu dipikirkan cara penyimpanan pakan karena sangat berpengaruh terhadap perubahan kualitas pakan, terutama pada bahan baku pakan yang mengandung protein, misalnya tepung ikan.

Pengaruh bakteri Clostridia:

Reaksi proteolitik:



Sumber: DONALD *et al.*, 1981

Beberapa reaksi kimia yang menyebabkan perubahan pada struktur protein selama penyimpanan, yaitu reaksi deaminasi (penghilangan gugus amin), dekarboksilasi (penghilangan gugus karboksilat) dan reaksi oksidasi atau reduksi. Hasil reaksi-reaksi ini akan membentuk senyawa-senyawa amin, amonia, CO₂, asam-asam keto dan asam-asam lemak. Semua reaksi ini terjadi karena kontaminasi oleh macam-macam bakteri pada pakan selama penyimpanan yang menyebabkan terjadinya dekomposisi protein. Macam senyawa kimia yang terbentuk akibat dekomposisi protein ini dapat dilihat dalam reaksi diatas (DONALD *et al.*, 1981).

Diantara senyawa-senyawa yang terbentuk tersebut adalah senyawa toksik histamin dan amonia. Kedua jenis racun ini umumnya ditemukan dalam sampel tepung ikan. Hasil pemeriksaan toksikologi terhadap sampel tepung ikan yang diterima di

laboratorium Toksikologi–Balitvet, Bogor antara tahun 1999–2000 (Tabel 1).

Berdasarkan hasil pemeriksaan dari laboratorium Toksikologi diketahui bahwa kebanyakan kasus kematian terjadi pada unggas akibat keracunan yang disebabkan oleh tepung ikan. Ternyata hasil pemeriksaan terhadap ke-15 sampel tepung ikan tersebut diketemukan kandungan amonia pada 15 sampel (100%) dan histamin pada 9 sampel (64%), sedangkan nitrat hanya pada 2 sampel (14%). Hasil pemeriksaan tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar sampel diketemukan amonia dan histamin. Pembentukan senyawa ini sesuai dengan hasil reaksi pembusukan oleh bakteri *Clostridia* (lihat gambar reaksi di atas). Oleh karena pemeriksaan diutamakan untuk sampel tepung ikan yang mengandung histamin dan amonia. Kemungkinan terjadi senyawa toksik lain dapat terjadi, maka pemeriksaan racun nitrat-nitrit dilakukan pada sampel-sampel tersebut. DONALD *et al.* (1981), bahwa kandungan nitrit dalam pakan tidak boleh melebihi 14 mg nitrit-nitrogen/kg bahan kering.

Kandungan amonia dalam tepung ikan (sumber protein) menjadi tinggi karena pengaruh bakteri *Clostridium* sp pada protein selama penyimpanan sehingga terjadi pembusukan pada protein (lihat reaksi proteolitik diatas). Seperti pada beberapa sampel tepung ikan yang mengandung amonia cukup tinggi,

yaitu sampel A, C, G, I dan J, yang masing-masingnya sebesar 1500, 1000, 600, 800 dan 1500 ppm amonia.

Berdasarkan informasi peternak yang mengirim sampel tepung ikan tersebut menyatakan bahwa hasil pengamatan patologi anatomi rata-rata mengalami kerusakan pada usus dan gizar. Hasil pengamatan ini sesuai dengan pendapat CALNEK *et al.* (1991) bahwa kerusakan pada usus (enteritis) disebabkan oleh bakteri *Clostridium* sp. Kemudian informasi lain juga terjadi kerusakan pada usus, seperti pengirim sampel yang menyatakan bahwa perubahan patologi anatomi pada ayam tersebut menunjukkan luka ventrikulus petechiae pada mucosa ventrikulus, berwarna hitam, dinding gizar melepuh kemudian terjadi kematian sebanyak 5–7 ekor per hari dan setelah diganti dengan tepung ikan lain, maka tidak terjadi kematian. Kematian ayam kemungkinan akibat bakteri *Clostridium* sp yang bersifat patogen dan ternyata pada sampel ini mengandung amonia (200 ppm) sebagai hasil pembusukan oleh bakteri. Walaupun kandungan amonia lebih rendah (200 ppm) dibandingkan sampel lain yang menyebabkan kematian, hal ini mungkin kesalahan sampling tepung ikan yang dianalisis karena kandungan amonia dapat dipengaruhi oleh keadaan penyimpanan (kelembaban). Sebagai salah satu contoh dari sampel dengan kode J, terjadi perubahan kandungan amonia yang berdasarkan asal pengambilan (keadaan penyimpanan), hasilnya seperti pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil pemeriksaan sampel tepung ikan yang diterima di laboratorium Toksikologi–Balitvet, Bogor (1999–2000), terhadap uji-uji nitrat, nitrit, amonia dan histamin

Kode sampel tepung ikan	Nitrat (ppm)	Nitrit (ppm)	Amonia (ppm)	Histamin (ppm)
A	-	-	1500	3,6
B	-	-	100	4,8
C	-	-	1000	-
D	-	-	200	-
E	-	-	50	412,5
F	-	-	200	570,0
G	200	-	600	11,4
H	-	-	300	5,0
I	-	-	800	3,4
J	250	-	1500	-
K	-	-	50	-
L	-	-	50	60,0
M	-	-	100	-
N	-	-	100	34
O	-	-	200	-

Tabel 2. Hasil analisis kandungan amonia, nitrat dan nitrit dari sampel tepung ikan (kode sampel J) yang berdasarkan asal pengambilan (bagian karung)

Asal pengambilan	Kandungan amonia (ppm)	Kandungan nitrat (ppm)	Kandungan nitrit (ppm)
Bagian atas	1500	250	-
Bagian tengah	600	500	-
Bagian bawah	900	750	-

Nitrit tidak ditemukan dalam sampel tepung ikan tersebut, karena selama proses nitrifikasi (pembentukan nitrat-nitrit dari amonia dengan bantuan bakteri) dalam tepung ikan terbentuk nitrat. Sementara itu nitrit sulit terdeteksi karena sebagai reaksi perantara dan bersifat tidak stabil (dalam waktu yang singkat akan cepat menghilang).

Kandungan amonia ini dapat dianalisis secara kualitatif dengan mengikuti metoda Nessler (STAIR dan WHALEY, 1990), dan untuk mengetahui secara kuantitatifnya dapat dilakukan dengan membuat deret konsentrasi standar amonium dari larutan ion amonium (amonium khlorida atau amonium sulfat), kemudian direaksikan dengan pereaksi Nessler dan menghasilkan warna spesifik, sebagai pembanding warna dengan hasil pemeriksaan sampel dengan cara kualitatif. Kemudian nitrat-nitrit dapat dideteksi dengan kit komersial (Merckoquant, kit-nitrat) atau dengan menggunakan alat spektrofotometer (HEANES, 1986).

Untuk hasil pemeriksaan sampel tepung ikan terhadap histamin dapat dilihat pada Tabel 1. Ternyata pada sampel tepung ikan dengan kode sampel E dan sampel F mengandung histamin yang cukup tinggi, yaitu masing-masingnya 412,5 mg/kg (ppm) dan 570 mg/kg (ppm). Walaupun kandungan histamin ini masih dibawah ambang batas yang diperbolehkan (ambang batas: 1000 mg/kg), tetapi harus menjadi perhatian karena kesalahan dalam pencampuran (tidak homogen) kedalam pakan atau dosis pemberian yang tidak beraturan, maka dapat menyebabkan fatal. Terbukti berdasarkan informasi peternak yang mengirim sampel tepung ikan tersebut menyatakan bahwa terjadi keracunan dan sebagian ayam mengalami kematian dengan gejala kerusakan pada gizar. Berdasarkan dari hasil pemeriksaan sampel tepung ikan tersebut dapat disimpulkan bahwa sebagai penyebab kematian ayam adalah racun histamin yang terdapat di dalam sampel tepung ikan yang diperkuat dengan gejala yang spesifik dari keracunan histamin, berupa erosi *gizzard*. Seperti telah dilaporkan oleh MASUMURA *et al.* (1981) bahwa dengan pemberian tepung ikan yang berasal dari jenis ikan putih pada ayam broiler menyebabkan erosi dan ulserasi pada *gizzard* dan ternyata jenis ikan tersebut mengandung histidin cukup tinggi, kemudian menjadi histamin ketika proses pembuatan tepung ikan. Jenis ikan lain adalah ikan yang mempunyai otot merah

semacam ikan-ikan mackerel, sardin dan anchovy (TOYAMA *et al.*, 1981).

Menurut hasil pengamatan ITAKURA *et al.* (1982), bahwa dengan perlakuan penambahan 15% tepung ikan yang diduga mengandung histamin pada ayam broiler menunjukkan gejala nafsu makan berkurang yang mengakibatkan naiknya pertambahan berat badan berlainan dan tubuh membungkuk dengan letak sayap turun. Sedangkan pengamatan secara makroskopik menunjukkan adanya garis-garis pada gizar dengan perubahan warna dan sedikit menebal, kemudian bercak-bercak seperti erosi pada lipatan-lipatan yang diikuti dengan adanya *ulser* yang tidak beraturan.

Keracunan histamin ini tidak hanya terjadi pada unggas, juga terjadi pada hewan liar yaitu pada tiga ekor mink di Cina dan ternyata penyebabnya adalah pemberian dengan proporsi 20–30% tepung ikan yang mengandung 3,5–5,0 mg/kg (3500–5000 ppm) histamin, dan hasil pemeriksaan terhadap bakteri adalah negatif (ZHONG, 1983).

Pengaruh kondisi dan lamanya penyimpanan dapat mempengaruhi kandungan histamin dalam tepung ikan. Seperti dilaporkan oleh YUNINGSIH (1988), yang didasarkan hasil pengamatan lapangan terhadap efek penyimpanan tepung ikan yang hampir 6 bulan (pengangkutan dari Amerika Latin ke Indonesia dan tertunda distribusinya), ternyata hasil pemeriksaan tepung ikan tersebut mencapai 1000 ppm histamin, sudah mencapai ambang batas yang diperbolehkan (ambang batas yang diperbolehkan adalah 1000 ppm histamin dalam tepung ikan).

Untuk menghindari keracunan/kematian pada ternak akibat histamin maka perlu diketahui kandungannya dalam tepung ikan, apakah masih dalam level normal (tidak ada efek pada ternak) atau mencapai level toksiknya yang dapat berakibat fatal bagi ternak. Maka PAVELKA dan BEDNARKOVA (1984), memberikan rekomendasi bahwa kandungan histamin tidak boleh melebihi 2000 ppm dalam tepung ikan atau 200 ppm dalam campuran pakan. Sedangkan KUME *et al.* (1983) merekomendasikan bahwa, kadar histamin yang diperbolehkan yaitu tidak boleh melebihi 1000 ppm dalam tepung ikan dan 100 ppm dalam campuran pakan dan apabila tepung ikan mengandung histamin lebih dari 4000 ppm maka akan mengakibatkan erosi *gizzard* dan akan berakibat fatal pada ayam.

Sedangkan menurut HENRY (1960), gejala klinis intoksikasi akibat mengkonsumsi histamin antara 70-1000 mg/kg. Tetapi di Amerika, terutama untuk ikan tuna yang mengandung 500 mg/kg histamin merupakan tingkat berbahaya dalam makanan dan mulai tingkat gangguan dalam tubuh pada level 200 mg/kg. (ANONIMOUS, 1982).

Deteksi untuk menentukan jenis amin dapat dilakukan dengan menggunakan Thin Layer Chromatography/TLC (WORTBERG dan WOLLER, 1982), kemudian dengan cara High Performance Liquid Chromatography/HPLC (HUI dan TAYLOR, 1983) atau yang lebih cepat melalui pemurnian menurut metoda NUMTAZ *et al.* (1982).

Guna mengetahui kandungan histamin secara cepat dapat dilakukan dengan menggunakan metoda uji strip, biasanya dipergunakan untuk uji histamin pada ikan dalam pembuatan tepung ikan. Metoda ini lebih baik dan cepat terutama untuk jenis-jenis ikan yang mengandung histamin tinggi, seperti jenis ikan scombroid yang dapat menimbulkan reaksi yang cepat, yaitu gejala sakit yang kurang dari satu jam setelah mengkonsumsinya (HALL *et al.*, 1999).

USAHA PENCEGAHAN

Pencegahan utama keracunan histamin adalah mengurangi kadar histamin dalam tepung ikan dengan memperhatikan cara penyimpanan tepung ikan, yaitu kondisi penyimpanan agar tidak lembab dan tidak bertumpuk (lebih terbuka permukaan tempat penyimpanan) dan lama penyimpanan. Guna mengetahui sejauh mana kandungan ammonia maupun histamin dalam tepung ikan sebaiknya dilakukan pemeriksaan (analisis) untuk pengawasan sebelum diberikan kepada unggas.

Untuk menghindari tumbuhnya bakteri pembusuk (dekomposisi) protein pada tepung ikan terutama pada penyimpanan dalam waktu yang cukup lama, seperti pengangkutan tepung ikan impor melalui angkutan laut, dengan cara menambahkan (mengalirkan) gas CO₂ disekitar tempat penyimpanan sebagai medium diatas permukaan wadah (karung) dengan tekanan rendah dan temperatur rendah (-22 atau -35 sampai -40° C), biasanya dengan mempergunakan alat khusus (LEVIT, 1979).

KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan dari hasil pemeriksaan sampel tepung ikan dalam pembahasan ini maka dapat disimpulkan bahwa senyawa toksik yang utama diketemukannya racun histamin dan amonia sebagai hasil pembusukan oleh bakteri dalam tepung ikan selama penyimpanan dan sebagai saran lebih baik

dilakukan juga pemeriksaan tepung ikan terhadap bakteri *Clostridium* sp.

DAFTAR PUSTAKA

- ANONIMOUS. 1982. Federal Register. September 4.
- AKSNES, A. and L.R. NJAA. 1984. Protein quality measures determined in two allegedly poor quality fish meals and in two commercial capelin meals. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 35 (10) 1076-1082. Norway.
- CALNEK, B. W., H. J. BARNES, C. W. BEARD, W.M. REID, and H.W. YODER. 1991. Disease of poultry. 9 ed. Iowa, USA.
- DONALD, P., R. EDWARDS, and J. GREENHALGH. 1981. *Animal Nutrition*. 3rd ed. Longman, London.
- HALL, M., P. A. SYKES, D. L. FAIRLOUGH, L. J. LUCCHESI, P. ROGERS, W. STARUSZKIEWICZ, and R. C. BATEMAN. 1999. A Test Strip for Diamines in Tuna. *J. of AOAC International*. 82(5)1102-1108.
- HEANES, P.L. 1986. Nitrate determination in plant material and soil. *International Laboratory. Singapore*. 1(1) 96-105.
- HENRY, M. 1960. Dosage biologique de l'histamine dans aliment. *Ann. Falsif. Exper. Chim*. 53: 24-33.
- HUI, Y. I. and L.S. TAYLOR. 1983. High Pressure Liquid Chromatographic determination of putrefactive amines in foods. *J. Assoc. off. Anal. Chem*. 66:853-857.
- ITAKURA, C., T. KAZAMA, and M. GOTO. 1982. Comparative pathology of gizzard lesions in broiler chicks fed fish meal, histamine dan copper. *Avian Pathology*. 11: 487-502.
- KUME, T. R., CHOSDU, H. IRO, and M. TAKESHA. 1983. Changes in histamine content in fish products for animal feeds and in aqueous solution by gamma irradiation. *Agric. Biol. Chem*. 47; 1873-1977.
- LEVIT, M. M. 1979. Transporting fishmeal in an air carbon dioxide medium. No.3. 61-62.
- MASUMURA, T., H. HORAGUCHI, H. HORIKAWA, and M. SUGIHARA. 1981. Gizzard erosion and ulceration in broilers, 3 Toxic substances in fish meal. *Japanese Poultry Science*. 18(2) 98-104.
- NUMTAZ, M., N. NARASIMHACHARI, and R. O. FADEL. 1982. Assay of trace amines by gas chromatography with nitrogen detector in biological samples using C18 SepPak cartridge for sample clean-up. *Analytical Chemistry*. 126(2) 365-373.
- PAVELKA, J. and BEDNARKOVA. 1984. Hygienic evaluation of fish meal based on estimated histamine values. *Sbornik Vedekyeh Praci Usredniho statniho Veterinariho Ustevu, Praze*. 13: 120-128.

- STAIR, E. L. and M. WHALEY. 1990. Rapid Screening and Spot Tests for the Presence of Common Poisons. *Vet. Hum. Toxicol.* 32(6) 564-566.
- TAYLOR, S.L. 1986. Histamine Food Poisoning: Toxicology and clinical aspects. *CRC Reviews in Toxicology*. Vol.17. Issue 2, p. 91-128
- TOYAMA, K., OKUZUMI M., YOKOI T., AOE H. 1981. Histamine content of fish meal. *Bulletin of Japanese Society of Scientific Fisheries*. 47(3) 415-419.
- WORTBERG, B dan R. WOLLER. 1982. Zur Qualitat und Frische von Fleisch waren in Hinolick auf ihren Gehalt und biogen Aminen. *Sonderdonck aus Fleischwirtschaft*, 62:11.
- YUNINGSIH. 1988. Analisa Histamin dalam tepung ikan. *Penyakit Hewan*. 20(36) 91-93.
- ZHONG, D.Q. 1983. Fish meal poisoning in mink. *Chinese Journal of Veterinary Medicine*. 9(9) 26-27.