



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos  
Departamento de Engenharia de Alimentos

**ZEA – 1001 – GESTÃO DA QUALIDADE NA  
INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**

**FMEA**  
**FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS**  
**ANÁLISE DE TIPO E EFEITO DE FALHA**

Profa. Marta Mitsui Kushida

1

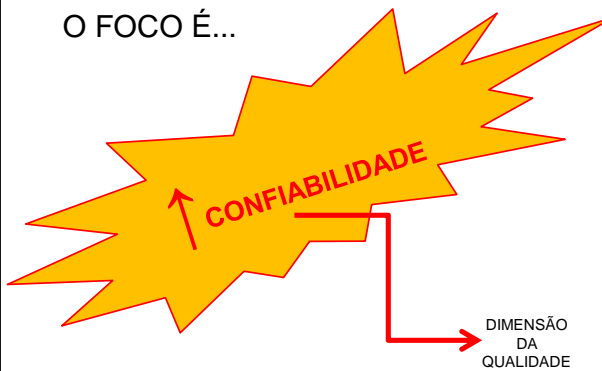
**FMEA - DEFINIÇÃO**

- Metodologia que tem por objetivo **avaliar e minimizar** riscos por meio da análise das possíveis falhas (determinação da causa, efeito e risco de cada tipo de falha) e implementação de ações para aumentar a confiabilidade.



2

O FOCO É...



3

**CONTEXTO HISTÓRICO**

- **Década de 1940**
  - Introdução do padrão militar.
  - Exército dos Estados Unidos (1949):
    - Procedimento para desenvolver uma análise de modo, efeitos e criticidade de falhas = “procedures for performing a failure mode, effects and criticality analysis”,
    - Posteriormente ficou conhecido como FMEA (Failure mode and effect analysis), ou seja,
- **análise do modo e efeito de falhas**

DAILEY, K. W. The FMEA pocket handbook. DW Publishing Co.: 2004. 40p

4

**CONTEXTO HISTÓRICO**

- **Década de 1960**
  - durante a missão Apollo, a NASA utilizou o método para identificar de forma sistemática falhas potenciais.
- **Final da década de 1970**
  - Ford Motor Company introduziu o FMEA no processo automotivo.

5

**UTILIDADE?**

- Sequência lógica e sistemática de avaliar as formas possíveis pelas quais um sistema ou processo está mais sujeito a falhas.
- O FMEA avalia:
  - A **severidade** das falhas;
  - A **forma** como as mesmas podem ocorrer (**ocorrência**);
  - Caso ocorram, como eventualmente poderiam ser **detectadas** antes de levarem a reclamações dos clientes.

6

## PORTANTO...



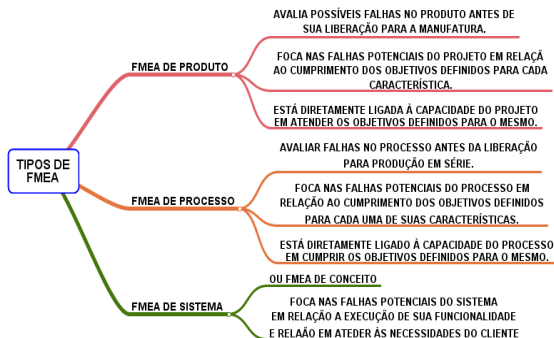
**TRÊS QUESITOS:**

- SEVERIDADE
- OCORRÊNCIA
- DETECÇÃO

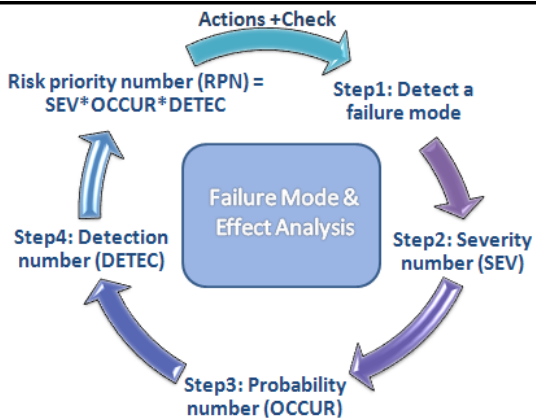
**CONCLUINDO:** PRIORIZA QUAIS OS MODOS DE FALHA LEVAM A UM MAIOR RISCO AO CLIENTE

7

## TIPOS DE FMEA



8

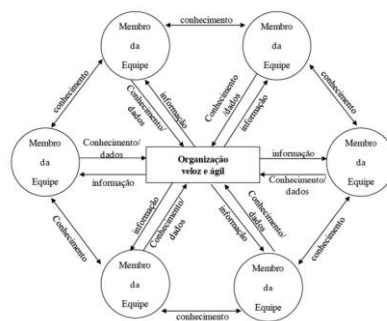


<https://www.industriahoje.com.br/fmea>  
<https://www.industriahoje.com.br/wp-content/uploads/2013/09/O-QUE-E-FMEA.png>

9

## Deve ser cooperativo

Figura 1 – Processo de transformação do conhecimento.



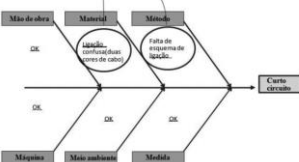
Fernando Coelho, Fernanda Cristina Pierre GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauri, Ano 10, nº 4, out-dez/2015, p. 101-119

10

## Diagrama de Ishikawa é um forte aliado!

Figura 4 – Aplicação do Diagrama de Ishikawa.

Componente/Função	Classificação	Modo de Falha Potencial	Efeito Potencial da Falha	Causa/Mecanismo Potencial da Falha	Método de Controle	Indicador/NPR	Ações Recomendadas
Placa de Botões de Comando Elétrico	F2, 120 0,01 [1]	Ligação em curto circuito	Curto circuito	Ligação condutiva entre dois cabos (falha de separação da ligação)	Prontidão óptica	412	Utilizar cabos com diâmetro maior, elaborar teste de ligação.



Fonte: Adaptado de Ishikawa (1993) e Palady (1997).

Fernando Coelho, Fernanda Cristina Pierre GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauri, Ano 10, nº 4, out-dez/2015, p. 101-119

11

## FORMULÁRIO FMEA base para a aplicação desta metodologia

12

Análise do Tipo e Efeito de Falha																			
Cód.pec: _____ Nome da Peça: _____ Data: _____ Folha No. _____ de _____												<input type="checkbox"/> FMEA de Processo <input type="checkbox"/> FMEA de Produto							
Descrição do Produto/Processo	Funções do produto	Tipo de Falha Potencial	Efeito da Falha Potencial	Causa da Falha em Potencial	Controles Atuais	Índices				Ações Recomendadas	Responsável pelo Plano	Medidas Implementadas	Índices Assin						
						S	O	D	R				S	O	D	R			

S = Severidade O = Ocorrência D = Detecção R = Risco **Figura 1: Formulário FMEA**

**FERNANDES, 2005**

13

DEFINIÇÃO DOS TERMOS E FLUXOGRAMA DE PREENCHIMENTO DO FORMULÁRIO FMEA																			
Cód.pec: _____ Nome da Peça: _____ Data: _____ Folha No. _____ de _____												<input type="checkbox"/> FMEA de Processo <input type="checkbox"/> FMEA de Produto							
Descrição do Produto/Processo	Funções do produto	Tipo de Falha Potencial	Efeito da Falha Potencial	Causa da Falha em Potencial	Controles Atuais	Índices				Ações Recomendadas	Responsável pelo Plano	Medidas Implementadas	Índices Assin						
						S	O	D	R				S	O	D	R			

S = Severidade O = Ocorrência D = Detecção R = Risco

**FERNANDES, 2005**

14

## coeficientes de prioridade de risco (RPN)

- A FMEA Prioriza modos de falha de acordo com o **RPN (risk priority number)**, que nada mais é do que o produto da severidade, frequência de ocorrência e detecção.

**FERNANDES, 2005**

15

## Componentes que definem a prioridade de uma falha

- Ocorrência (O)**
  - é a frequência de incidência da falha.
- Severidade (S)**
  - gravidade (em termos de efeito) da falha.
- Detecção (D)**
  - capacidade de detectar a falha antes que ela chegue ao usuário.

*Componentes avaliados usando escalas quantitativas*

**FERNANDES, 2005**

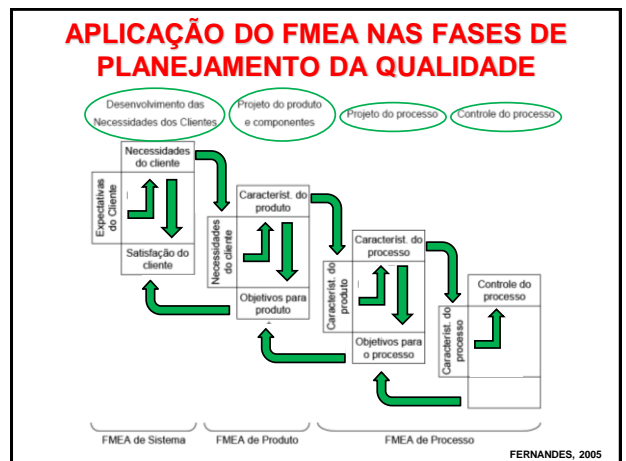
16

## RPN (Risk Priority Number) Medida de Risco

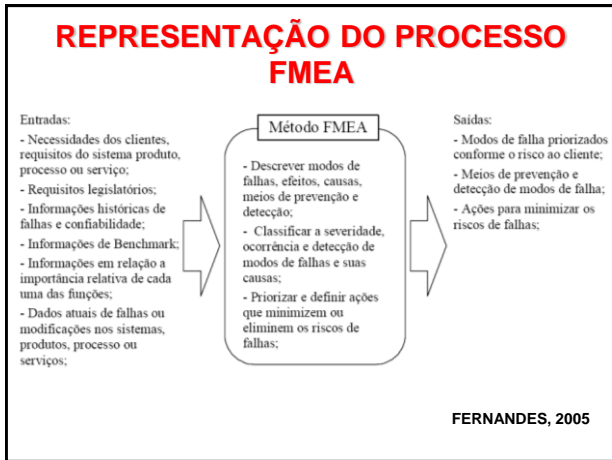
- $RPN = O \times S \times D$
- Falhas devem ser analisadas sempre que tiverem  $RPN > 50$ .
- Lógica de determinação do ponto de corte:
  - deseja-se atuar sobre 95% das falhas apontadas no FMEA;
  - O valor máximo de RPN é  $(10 \times 10 \times 10) = 1000$ ;
  - 95% de 1000 é 950.  $1000 - 950 = 50$ . Assim, 50 é o ponto de corte para análise.

**FERNANDES, 2005**

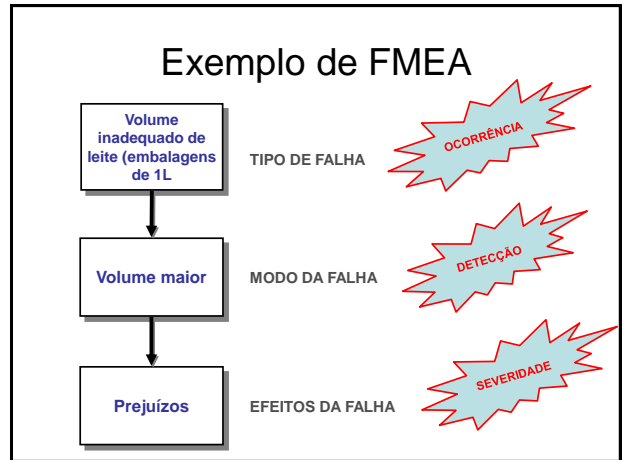
17



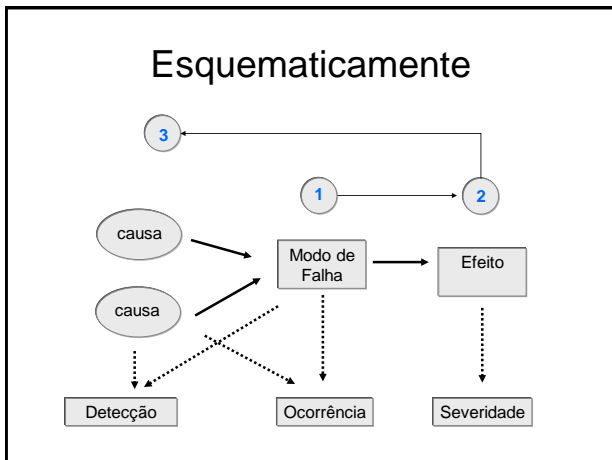
18



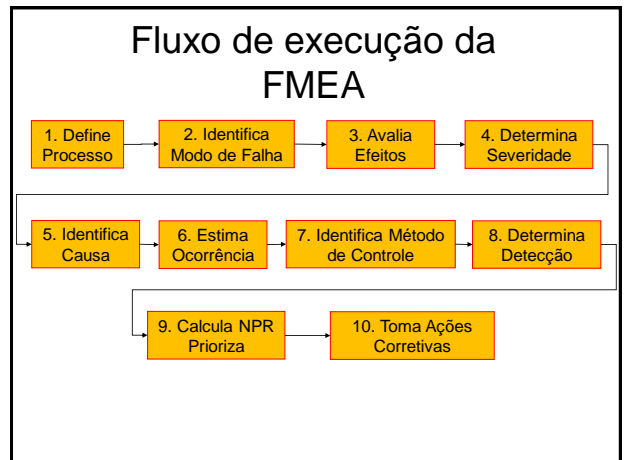
19



20



21



22

### Escala para Ocorrência (O)

Ocorrência	Valor	Crítérios	Observações
Quase Nunca	1	Falha improvável. Nenhuma ocorrência histórica.	- Na dúvida entre dois valores, escolha o maior.
Mínima	2		
Falhas raramente ocorrem	3	Muito poucas falhas podem ocorrer.	- No caso de impasse entre membros da equipe, trabalhe com valores médios.
Baixa	4		
Falhas ocasionais	5	Algumas falhas podem ocorrer.	
Moderada	6		
Falhas ocorrem c/ frequência	7	Alto número de falhas ocorrem c/ frequência.	
Alta	8		
Muito alta	9		
Quase certa	10	Falhas historicamente quase certas.	

**FERNANDES, 2005**

23

### Escala para Detecção (D)

Detecção	Valor	Crítérios	Observações
Quase certa	1	Controles atuais detectam falha quase sempre.	- Na dúvida entre dois valores, escolha o maior.
Muito alta	2		
Alta	3	Grandes chances de detecção.	- No caso de impasse entre membros da equipe, trabalhe com valores médios.
Moderadamente alta	4		
Média	5	Média chance de detecção.	
Baixa	6		
Muito baixa	7	Chance muito baixa de detecção.	
Mínima	8		
Rara	9		
Quase impossível	10	Não existem controles que detectem esta falha.	

**FERNANDES, 2005**

24

**Índice de Detecção Causa/Falha potencial**

Detecção	Critério	Tipos de Inspecção			Faixas Sugeridas dos Métodos de Detecção	Índice de Detecção
		A	B	C		
Quase impossível	Certeza absoluta da não detecção		X		Não pode detectar ou não é verificado.	10
Muito remota	Controles provavelmente não irão detectar.		X		Controle é alcançado somente com verificação aleatória ou indireta.	9
Remota	Controles têm pouca chance de detecção.		X		Controle é alcançado somente com inspeção visual.	8
Muito Baixa	Controles têm pouca chance de detecção.		X		Controle é alcançado somente com dupla inspeção visual.	7
Baixa	Controles podem detectar.	X	X		Controle é alcançado com métodos gráficos, tais como CEP (Controle Estatístico do Processo).	6
Moderada	Controles podem detectar.		X		Controle é baseado em medições por variáveis depois que as peças deixam a estação, ou em medições do tipo passa/não passa feitas em 100% das peças depois que deixam a estação.	5
Moderadamente alta	Controles têm boas chances para detectar.	X	X		Detecção de erros em operações subsequentes, OU medições feitas na preparação de máquina e na verificação da primeira peça (somente para casos de preparação de máquina).	4
Alta	Controles têm boas chances para detectar.	X	X		Detecção de erros na estação, ou em operações subsequentes por múltiplos níveis de aceitação: remover, selecionar, instalar, verificar. Não pode aceitar peça discrepante.	3
Muito alta	Controles quase certamente detectarão.	X	X		Detecção de erros na estação (medição automática com dispositivo de parada automática). Não pode passar peça discrepante.	2
Quase certamente	Controles certamente detectarão.	X			Peças discrepantes não podem ser feitas porque o item foi feito a prova de erros pelo projeto do processo/produto.	1

Fonte: QS-9000 FMEA - AIAG

**Tipos de Inspecção:**  
 A. Prova de Erro  
 B. Medição  
 C. Inspecção Manual

25

### Escala para Severidade (S)

Efeito	Valor	Critérios	Observações
Nenhum	1	Nenhum efeito sobre produto ou processos subsequentes.	- Na dúvida entre dois valores, escolha o maior.
Mínimo	2		
Muito pequeno	3	Causa pequeno incomodo no usuário.	- No caso de impasse entre membros da equipe, trabalhe com valores médios.
Pequeno	4		
Moderado	5	Resulta em falha sobre componente não-vital que demanda reparo.	
Significativo	6		
Grande	7	Usuário insatisfeito. Produto grandemente afetado, mas ainda operacional e seguro.	
Extremo	8		
Sério	9		
Catastrófico	10	Não atende a critérios mínimos de segurança.	

FERNANDES, 2005

26

**Observações Importantes:**

- quando o grupo estiver avaliando um índice, os demais não podem ser levados em conta, ou seja, a avaliação de cada índice é independente. Por exemplo, se estamos avaliando o índice de severidade de uma determinada causa cujo efeito é significativo, não podemos colocar um valor mais baixo para este índice somente porque a probabilidade de detecção seja alta.
- No caso de FMEA de processo pode-se utilizar os índices de capacidade da máquina, (Cpk) para se determinar o índice de ocorrência.

FERNANDES, 2005

27

### OUTROS EXEMPLOS DE CRITÉRIOS DE RISCO

SEVERIDADE		
Índice	Severidade	Critério
1	Mínima	O cliente mal percebe que a falha ocorreu
2	Pequena	Ligeira deterioração no desempenho com leve descontentamento do cliente;
3		
4	Moderada	Deterioração significativa no desempenho de um sistema com descontentamento do cliente
5		
6		
7	Alta	Sistema deixa de funcionar e grande descontentamento do cliente
8		
9	Muito Alta	Idem ao anterior porém afeta a segurança
10		

FERNANDES, 2005

28

### OUTROS EXEMPLOS DE CRITÉRIOS DE RISCO

OCORRÊNCIA			
Índice	Ocorrência	Proporção	Cpk
1	Remota	1:1.000.000	Cpk> 1,67
2	Pequena	1:20.000	Cpk> 1,00
3		1:4.000	
4	Moderada	1:1.000	Cpk < 1,00
5		1:400	
6		1:80	
7	Alta	1:40	
8		1:20	
9	Muito Alta	1:8	
10		1:2	

FERNANDES, 2005

29

### OUTROS EXEMPLOS DE CRITÉRIOS DE RISCO

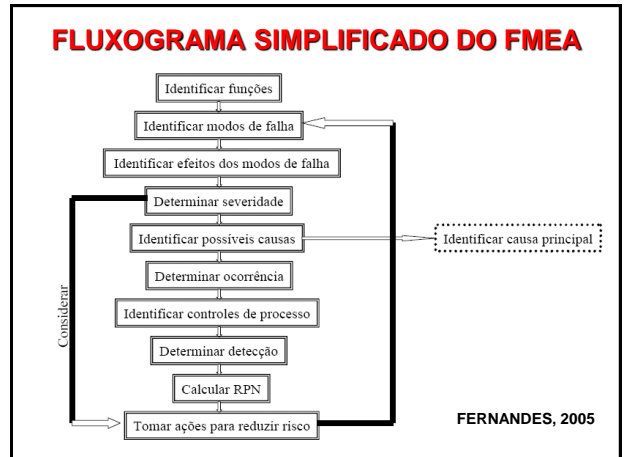
DETECÇÃO		
Índice	Detecção	Critério
1	Muito Grande	Certamente será detectado
2		
3	Grande	Grande probabilidade de ser detectado
4		
5	Moderada	Provavelmente será detectado
6		
7	Pequena	Provavelmente não será detectado
8		
9	Muito Pequena	Certamente não será detectado
10		

FERNANDES, 2005

30



31



32

### ETAPAS PARA APLICAÇÃO DA FMEA

- **1. Planejamento**
- Realizada pelo responsável pela aplicação da metodologia.
- Compreende:
  - **descrição dos objetivos e abrangência da análise:** identifica-se qual(is) produto(s)/processo(s) será(ão) analisado(s);
  - **formação dos grupos de trabalho:** define-se os integrantes do grupo, que deve ser preferencialmente pequeno (entre 4 a 6 pessoas) e multidisciplinar (contando com pessoas de diversas áreas como qualidade, desenvolvimento e produção);
  - **planejamento das reuniões:** devem ser agendadas com antecedência e com o consentimento de todos os participantes para evitar paralisações;
  - **preparação da documentação**

33

### DADOS

- **Usar Dados Históricos** - falhas podem ser definidas através da análise de dados similares relativos à produtos e/ou serviços, garantias, reclamações de clientes, etc.
- **Usar Técnicas Matemáticas** – falhas identificadas através de inferência estatística, modelagem matemática, simulações e estudos de confiabilidade.

34

### ETAPAS PARA APLICAÇÃO DA FMEA

- **2. Análise de Falhas em Potencial**
- É realizada pelo grupo de trabalho que discute e preenche o formulário FMEA, definindo:
  - função(ões) e característica(s) do produto/processo (coluna 1);
  - tipo(s) de falha(s) potencial(is) para cada função (coluna 2);
  - efeito(s) do tipo de falha (coluna 3);
  - causa(s) possível(eis) da falha (coluna 4);
  - controles atuais (coluna 5);

35

### ETAPAS PARA APLICAÇÃO DA FMEA

- **3. Avaliação dos Riscos**
- Nesta fase são definidos pelo grupo os índices de **severidade (S)**, **ocorrência (O)** e **detecção (D)** para cada causa de falha, de acordo com critérios previamente definidos.
- O ideal é que a empresa tenha os seus próprios critérios adaptados a sua realidade específica).
- Depois são calculados os **coeficientes de prioridade de risco (RPN (risk priority number))**, por meio da multiplicação dos outros três índices.

36

## ETAPAS PARA APLICAÇÃO DA FMEA

### • 4. Melhoria

- O grupo, utilizando os conhecimentos, criatividade e até mesmo outras técnicas como *brainstorming*, lista todas as ações que podem ser realizadas para diminuir os riscos.
- Estas medidas podem ser:
  - medidas de prevenção total ao tipo de falha;
  - medidas de prevenção total de uma causa de falha;
  - medidas que dificultam a ocorrência de falhas;
  - medidas que limitem o efeito do tipo de falha;
  - medidas que aumentam a probabilidade de detecção do tipo ou da causa de falha;
- Estas medidas são analisadas quanto a sua viabilidade, sendo então definidas as que serão implantadas.

37

## ETAPAS PARA APLICAÇÃO DA FMEA

### • 5. Continuidade

- O formulário FMEA é um documento “vivo”, ou seja,
- Deve ser revisado sempre que ocorrerem alterações neste produto/processo específico.
- Regularmente revisar a análise confrontando as falhas potenciais imaginadas pelo grupo com as que realmente vem ocorrendo no dia-a-dia do processo e uso do produto
  - Permitir a incorporação de falhas não previstas, bem como a reavaliação, com base em dados objetivos, das falhas já previstas pelo grupo.

38

## REFERÊNCIAS

- FERNANDES, José Márcio Ramos. Proposição de abordagem integrada de métodos da qualidade baseada no FMEA. Dissertação: Mestrado. Pontifícia universidade Católica do Paraná. Curitiba, 2005.
- TOLEDO, J. C.; AMARAL, D. A. FMEA – Análise do Tipo e Efeito de Falha. GEPQ – UFSCAR
- GARCIA, M. D. Uso integrado das técnicas de HACCP, CEP e FMEA. TCC. Mestrado Profissionalizante em Engenharia de Produção. Porto Alegre. Universidade Federal do rio Grande do Sul. 2000.
- Souza, L. P. Desenvolvimento de equipamentos de Inspeção final para indústria alimentícia com ênfase na utilização da ferramenta FMEA. Monografia. Especialização em Engenharia de Produção. São Paulo. Universidade São Judas Tadeu. 2010.
- Ioannis S. Arvanitoyannis; Theodoros H. Varzakas. Application of failure mode and effect analysis (FMEA) and cause and effect analysis for industrial processing of common octopus (*Octopus vulgaris*) – Part II. **International Journal of Food Science and Technology**, 44, 79–92, 2009.

39