

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**EFEITO DO TEMPO DE AUTOCLAVAGEM SOBRE A DIGESTIBILIDADE DOS GRÃOS DE
SOJA INTEGRAL EM SUÍNOS NA FASE DE CRESCIMENTO**

Eduardo Spillari Viola
Engenheiro Agrônomo (UFRGS)

Dissertação apresentada como um
dos requisitos à obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia

PORTO ALEGRE (RS), BRASIL
OUTUBRO, 1996

AGRADECIMENTOS

Ao professor Antônio Mário Penz Júnior, orientador criterioso, pela amizade e ensinamentos transmitidos.

Ao professor Alexandre de Mello Kessler pelo incentivo, críticas e pela amizade demonstradas.

A AVIPAL S.A, no nome de seus nutricionistas Sandra Bonaspetti e Ronnei Vicente Gauer, pelo apoio necessário a realização deste trabalho.

Aos colegas Henrique Augusto dos Santos Bartels e Epifânia Vuaden pela amizade e ajuda demonstradas durante este período de convivência.

A todos que contribuíram na realização deste trabalho, em especial aos funcionários da biblioteca da Faculdade de Agronomia da UFRGS.

Aos meus irmãos Marcelo, Luciana e Fabiana, pelo apoio e compreensão demonstrados.

Em especial aos meus pais Eniltur Anes Viola e Elizabeth Spillari Viola, pelo carinho, amizade, orientação e incentivo neles encontrados.

EFEITO DO TEMPO DE AUTOCLAVAGEM SOBRE A DIGESTIBILIDADE DOS GRÃOS DE SOJA INTEGRAL EM SUÍNOS NA FASE DE CRESCIMENTO¹

Autor: Eduardo Spillari Viola
Orientador: Antônio Mário Penz Júnior

RESUMO

Foram conduzidos dois ensaios de metabolismo com suínos em crescimento para avaliar o efeito do tratamento térmico sobre a digestibilidade de grão de soja integral. No ensaio 1 foram utilizados 18 animais distribuídos em 6 dietas, à base de amido de milho e grão de soja, em um arranjo fatorial 3*2, composto por três tratamentos de calor submetidos ao grão (cru, AUTOCLAVADO e AUTOCLAVADO o dobro tempo) e dois níveis de lisina (85 e 100% das exigências do NRC (1988)). No ensaio 2 foram utilizados 18 suínos distribuídos em 18 dietas, à base de amido de milho e grão de soja (autoclavado ou autoclavado o dobro tempo) em um arranjo fatorial 3x3x2, composto por três níveis de lisina (80, 100 e 120% NRC (1988)), três suplementações de aminoácidos (0, metionina e treonina) dois tempos de tratamento térmico (autoclavado e dobro do tempo).

No ensaio 1 foi observado efeito do tratamento térmico ($P < 0,004$) e do nível de lisina ($P = 0,009$) sobre o ganho de peso e do tratamento térmico ($P = 0,006$) sobre o consumo de matéria seca. Não foram observados efeitos do tratamento térmico e do nível de lisina sobre os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, da proteína e da energia das dietas. No ensaio 2 foi observado efeito do nível de lisina ($P = 0,008$) sobre a excreção fecal de proteína bruta e de energia bruta ($P = 0,003$) e do tratamento térmico sobre a excreção fecal da energia bruta ($P = 0,04$).

¹ Dissertação de Mestrado em Zootecnia (Produção Animal).
Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre (133 p)-
1996.

THE EFFECT OF HEAT TREATMENT ON THE DIGESTIBILITY OF FULL-FAT SOYBEAN SEEDS IN GROWING PIGS²

Author: Eduardo Spillari Viola
Adviser: Antônio Mário Penz Júnior

SUMMARY

Two metabolic studies were conducted to evaluate the effect of heat-treatment over digestibility of full-fat soybean meal in growing pigs. In experiment 1, 18 pigs were allotted to 6 diets containing raw, toasted or over-toasted soybean meal and two lysine levels (85 and 100% NRC requirements) in a 3*2 factorial arrangement. In experiment 2, 18 pig were allotted to 18 diets containing toast, over-toast full-fat soybean, three lysine levels (80, 100 and 120% NRC requirements) and three levels of supplemented amino acids (0, methionine and threonine). Weight gain and dry mater intake were affected by heat treatment in experiment 1. Dry mater, crude protein and gross energy coefficient digestibilities were not affected by lysine level and heat treatment. Fecal protein and gross energy were influenced by lysine. Fecal protein and gross energy were influenced by lysine. Fecal energy was affected by heat treatment.

² M. Sc. Dissertation in Animal Science (Animal Production)
Agricultural School- Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre (132 p)- 1996.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Atividade das peptidases	3
2.2. Inibidores de proteases	8
2.3. Lectinas	11
2.4. Efeito da soja sobre o consumo de alimento e o ganho de peso dos suínos	12
2.5. Digestibilidade da proteína	16
2.6. Efeito da gordura sobre a digestibilidade	21
2.7. Efeito do calor sobre a energia digestível e/ou metabolizável	22
2.8. Efeito da alimentação com dietas com baixo nível de proteína no balanço de proteína e energia	23
2.9. Tratamento de calor	25
2.10. Reação de Maillard	31
2.11. Efeito do tratamento térmico sobre a digestibilidade do nitrogênio	32
2.12. Efeito do tipo e do nível de glicídios sobre a digestibilidade da proteína	36
2.13. Efeito das diferentes fontes de soja na resposta imunológica dos suínos	38
2.14. Peso dos órgãos viscerais	41
3. MATERIAL E MÉTODOS	43
3.1. Grãos de soja e tratamento térmico	43
3.2. Determinação da energia bruta	44
3.3. Solubilidade protéica	44
3.4. Atividade ureática	45
3.5. Análise proximal	45
3.6. Experimento 1	46
3.6.1. Dietas experimentais	46
3.6.2. Período experimental	49
3.6.3. Instalações	49
3.6.4. Animais experimentais	49

	Página
3.6.5. Manejo dos animais experimentais	50
3.6.6. Coleta do matéria experimental	50
3.6.6.1. Rações experimentais	50
3.6.6.2. Fezes	51
3.6.6.3. Sobras de ração	52
3.6.7. Delineamento experimental e análise estatística	52
3.7. Experimento 2	54
3.7.1. Dietas experimentais	54
3.7.2. Período experimental	58
3.7.3. Instalações	58
3.7.4. Animais experimentais	58
3.7.5. Manejo dos animais experimentais	59
3.7.6. Coleta do material experimental	60
3.7.7. Delineamento experimental e análise estatística	60
3.8. Preparo das amostras para análise	62
3.8.1. Rações experimentais	62
3.8.2. Fezes	62
3.9. Determinações experimentais	63
3.9.1. Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca	63
3.9.2. Coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta	63
3.9.3. Energia digestível da dieta	63
3.9.4. Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta	63
3.9.5. Consumo de proteína bruta	64
3.9.6. Consumo de energia bruta	64
3.9.7. Consumo de matéria seca	64
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4.1. Experimento 1	65
4.1.1. Ganho de peso	65
4.1.2. Consumo de alimento	67
4.1.3. Excreção fecal	71
4.1.4. Digestibilidade	73
4.2. Experimento 2	80
4.2.1. Ganho de peso	80
4.2.2. Excreção fecal	82

	Página
4.2.3. Digestibilidade	89
4.2.4. Consumo	96
5. CONCLUSÕES	102
6. BIBLIOGRAFIA	103
7. APÊNDICES	112

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
Composição bromatológica dos grãos de soja submetidos aos diferentes tratamentos térmicos	44
Composição das dietas experimentais	48
Composição nutricional das dietas (Experimento 1)	48
Composição das dietas (Experimento 2)	57
Composição nutricional, calculada e determinada das dietas (Experimento 2)	57
Teste de médias de Tukey para ganho de peso (g)	65
Teste de médias de Tukey para a variável consumo de matéria seca (g)	67
Teste de médias de Tukey para a variável consumo de proteína bruta (g)	69
Teste de médias de Tukey para a variável consumo de energia bruta (kcal)	70
Teste de médias de Tukey para a variável excreção fecal de matéria seca (g)	71
Teste de médias de Tukey para a variável excreção fecal de proteína bruta (g)	72
Teste de médias de Tukey para a variável excreção fecal de energia bruta (kcal)	72
Teste de médias de Tukey para a variável coeficiente de digestibilidade da matéria seca (%)	73
Teste de médias de Tukey para a variável coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (%)	73
Teste de médias de Tukey para a variável coeficiente de digestibilidade da energia bruta (%)	74
Teste de médias de Tukey para a variável ganho de peso (g)	81
	Página
Teste de médias de Tukey para a variável excreção fecal de matéria seca ($g/PC^{0,75}$)	83
Teste de médias de Tukey para a variável excreção fecal de proteína bruta ($g/PC^{0,75}$)	85
Teste de médias de Tukey para a variável excreção fecal de energia bruta ($g/PC^{0,75}$)	87

Teste de médias de Tukey para a variável coeficiente de digestibilidade da matéria seca (%)	90
Teste de médias de Tukey para a variável coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (%)	92
Teste de médias de Tukey para a variável coeficiente de digestibilidade da energia bruta (%)	93

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
Efeito do tratamento térmico sobre o ganho de peso em 5 dias (Experimento1)	77
Efeito do nível de Lisina (%) sobre o ganho de peso em 5 dias (Experimento 1)	78
Efeito do Tratamento Térmico sobre o consumo de matéria seca em 5 dias (Experimento 1)	79
Efeito do nível de Lisina sobre a excreção fecal de proteína (Experimento 2)	97
Efeito do nível de Lisina sobre a excreção fecal de energia bruta (Experimento 2)	98
Efeito do nível de Lisina sobre a digestibilidade da matéria seca (Experimento 2)	99
Efeito do Tratamento Térmico da soja sobre a digestibilidade da energia bruta (Experimento2)	100
Efeito do nível de Lisina (%) sobre a digestibilidade da energia bruta (Experimento 2)	101

1. INTRODUÇÃO

A soja (***Glycine max***, Lin.) tem sido utilizada como a principal fonte de proteína nas dietas de aves e suínos, na forma de farelo de soja, subproduto da extração do óleo vegetal, contendo em torno de 44 a 48% de proteína bruta e mais ou menos 2% óleo.

A proteína do farelo de soja é altamente digestível, atingindo as exigências das aves e dos suínos em lisina, triptofano, isoleucina, valina e treonina. Entretanto, o farelo de soja é deficiente quanto ao conteúdo de aminoácidos sulfurados. A metionina é considerada o único aminoácido essencial que é encontrado em nível marginal no farelo de soja.

Os grãos da soja apresentam extremamente pouco amido. Como glicídios de reserva possuem sacarose e galactanas, apresentando quantidades apreciáveis de hemicelulose e substâncias pécticas como glicídios estruturais. O alto conteúdo de gordura (18%) dos grãos de soja sugere a sua inclusão às dietas, aumentando a densidade energética.

No entanto, a soja, como as demais leguminosas, possui substâncias tóxicas, que retardam o crescimento de aves e suínos e que nas aves causam o aumento do pâncreas. As principais substâncias que inibem o crescimento das aves e dos suínos, atuam na digestão da proteína,

prejudicando a ação das enzimas proteolíticas tripsina e quimiotripsina, sendo denominados inibidores de tripsinas. Os principais inibidores de tripsinas da soja são o inibidor de Kunitz e o inibidor de Bowman-Birk. As lectinas presentes no grão de soja também são responsáveis por sintomas semelhantes.

As lectinas são compostos proteicos, na forma de glicoproteínas, com capacidade de ligar-se a açúcares e que se encontram aderidas a parede da mucosa intestinal, prejudicando a absorção de nutrientes também estão presentes nos grãos de soja.

Todavia, estas substâncias são termolábeis, sendo inativadas mediante o processamento com calor. Os principais processos de tratamento térmico utilizados são tostagem a seco ou úmida, extrusão, “jet-sploded”, micronização e cocção.

Quando tostados ou tratados térmicamente, os grãos desta leguminosa servem como fonte alternativa de proteína e energia para as rações de aves e suínos, sendo utilizada tanto na indústria de rações, quanto nas propriedades rurais do estado.

O objetivo deste trabalho foi de verificar o efeito da tostagem e do tempo de tostagem dos grãos de soja sobre a digestibilidade da proteína e da energia das dietas à base de soja integral e também verificar os efeitos do tempo de processamento sobre a disponibilidade de aminoácidos da soja.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Atividade das peptidases

A digestão da proteína, por ação de peptidases, tem início no estômago pela ação da pepsina, classificada como endopeptidase. A pepsina é secretada pelas células principais na forma de precursor inativo, o pepsinogênio. A alta acidez do estômago altera a forma do pepsinogênio, expondo o seu sítio ativo, que pode atuar sobre outra molécula de pepsinogênio, clivando uma pequena cadeia de aminoácidos da porção final. Esta ação converte o pepsinogênio na sua forma ativa a pepsina, que é ativa em condições de pH baixo. As pepsinas são classificadas em A, B, C e D, sendo as principais a A e a C. Nas proteínas da soja, a digestão pelas pepsinas resulta na formação de peptídios menores (LONGLAND, 1993).

No duodeno ocorre a liberação da secreção pancreática, rica em zimogênios e enzimas que fazem a digestão de gordura a ácidos graxos e monoglicerídios, polissacarídios a dissacarídios e oligossacarídios, proteínas a aminoácidos e peptídios e ácidos nucleicos a nucleotídios. A secreção pancreática também é rica em bicarbonato, que eleva o pH do bolo alimentar, na porção proximal do duodeno, inativando a ação das pepsinas secretadas no estômago.

No pâncreas são secretados os precursores das endopeptidases e as exopeptidases. As principais endopeptidases são a tripsina, a quimiotripsina e a elastase (LONGLAND, 1993). As enzimas proteolíticas do pâncreas também são secretadas na forma inativa, sendo ativadas no duodeno, pela ação de outra enzima, a enteroquinase. Esta enzima é encontrada na membrana do epitélio intestinal. Ela é uma enzima proteolítica que retira um peptídeo do tripsinogênio pancreático transformando-o em tripsina ativa. A tripsina é uma enzima proteolítica e atua como ativadora das demais enzimas proteolíticas pela clivagem de fragmentos de peptídios dos precursores enzimáticos (VANDER et al., 1990).

As enzimas proteolíticas envolvidas na digestão duodenal das proteínas são classificadas, de acordo com o modo de ação, em 3 grupos. As endopeptidases, que atuam sobre as ligações peptídicas das cadeias proteolíticas; as carboxipeptidases (exopeptidases) que agem sobre a porção carboxil do final da cadeia retirando um resíduo de aminoácido e as aminopeptidases que removem os resíduos de aminoácidos da região amino final da cadeia (KIDER e MANNERS, 1978).

A pepsina é liberada no estômago na forma do seu precursor inativo o pepsinogênio que é ativado por ação do H^+ . A pepsina hidroliza ligações peptídicas adjacentes a aminoácidos aromáticos e resíduos não polares. As endopeptidases secretadas pelo pâncreas são a tripsina e a quimiotripsina, ambas são secretadas na forma de seus precursores inativos o tripsinogênio e o quimiotripsinogênio. A tripsina é ativado por ação da enteroquinase e posteriormente da própria tripsina. A tripsina hidroliza ligações peptídicas com

um aminoácido básico, lisina ou arginina, formando grupo carboxil. A quimotripsina é ativada por ação da tripsina. A quimotripsina hidroliza as ligações peptídicas nas quais um aminoácido aromático ou a metionina faz parte do grupo carboxil. As exopeptidases são secretadas pelo pâncreas na forma de procarboxipeptídases, que são ativadas por ação da tripsina. As carboxipeptídases secretadas pelo pâncreas são classificadas como A e B. A carboxipeptídase A hidroliza resíduos aromáticos C-terminal; a carboxipeptídase B hidroliza resíduos básicos C-terminal. As carboxipeptídases C e D são secretadas na parede do intestino. A carboxipeptídase C rompe aminoácidos terminais com grupo NH_2 livre; e a carboxipeptídase D rompe dipeptídios a aminoácidos (LOYD, Mc DONALD e CAMPTON, 1978).

Segundo HOLMES et al. (1974), a proteína por si só, ou como peptídio, é o principal estimulador das secreções gástrica e pancreática. A secreção pancreática aumenta durante a alimentação devido, principalmente, a estimulação pelos hormônios secretina e colecistoquinina (CCK). A secretina estimula principalmente a secreção de bicarbonato, enquanto que a CCK estimula a secreção enzimática. A função do bicarbonato pancreático é de neutralizar o ácido proveniente do estômago. O principal estimulante da secreção da secretina é o pH duodenal. Quando a acidez duodenal é neutralizada o estímulo para a secreção de secretina diminui e menos bicarbonato é secretado. Por outro lado, os principais estimuladores da secreção de CCK são os ácidos graxos e os aminoácidos que chegam no duodeno (VANDER et al., 1990).

Tem se demonstrado a presença de receptores para a CCK no nervo vago, e, a liberação deste hormônio atinge os receptores ativando o nervo vago aferente. A CCK esta relacionada com o cérebro em resposta ao consumo de alimentos e a injeção de CCK no fluído cérebro espinhal (FCS) aumenta durante o consumo. Apenas a CCK-8 é encontrada no FCS, enquanto, a CCK-6 a CCK-33 e a CCK-39 são as principais formas circulantes. Juntamente com a oxitocina, a CCK atua como modulador do comportamento de consumo. E esta relacionado com eventos metabólicos (UVNÄS-MOBERG, 1990). Este hormônio reduz o consumo de alimentos e aumenta a saciedade em condições de consumo. Resultados similares são observados quando a CCK é liberada por ação de inibidores de tripsina. A CCK atua aumentando os estímulos pelas fibras do vago aferente do estômago, sugerindo que provoca a distensão deste órgão do trato gastrointestinal (READ et al., 1994).

Foi observado por LOW (1982) alta atividade da pepsina no estômago de suínos em crescimento durante a noite, quando a quantidade de proteína no estômago era relativamente pequena. Também foi observado, durante um período de 24 horas, alguma atividade proteolítica decorrente da ação da pepsina, na porção inicial do duodeno, onde o pH ainda estava baixo logo, favorável a ação da pepsina. À medida que o pH alcançou 6,0, a atividade da pepsina decresce. A atividade da quimiotripsina durante um período de 24 horas foi dependente da alimentação. A maior atividade foi observada durante o dia.

No íleo a atividade enzimática é menor. Porém, ela é superior a quantidade de substrato disponível, tanto em relação ao duodeno quanto ao jejuno (LOW, 1982).

Da mesma forma que a quimiotripsina, a tripsina possui um padrão de atividade contínuo durante as 24 horas do dia, sendo este padrão também dependente da alimentação. A maior atividade da tripsina ocorre durante o dia.

A relação quimiotripsina:tripsina foi maior no íleo do que no duodeno e LOW (1982) concluiu que a quimiotripsina é mais resistente a proteólise e a inativação do que a tripsina.

LOW (1982), citando a indicação de Zebrowska e Burackzewska (1972), de que em suínos de 50 kg, em 24 horas, estão presentes 40 a 50 g de proteína endógena na digesta duodenal, concluiu que a pepsina, a quimiotripsina e a tripsina perfazem de 15 a 20% da proteína, e as demais enzimas contribuem com 15 a 20%, assumindo que o pâncreas secreta 8 g de proteína em 24 horas.

MARTY et al. (1994) observaram um fluxo endógeno e exógeno de lisina de 2167 e 595 mg/kg de matéria seca consumida.

PARTRIDGE et al. (1982b), utilizando suínos com peso corporal médio de 48 kg, mediram a influência da composição da dieta na secreção pancreática e seus componentes utilizando dietas à base de cevada, farinha de peixe, amido e sacarose. Observaram que o peso total de proteína secretada foi 45% maior nas dietas à base de farinha de peixe e cevada do que nas dietas à base de amido e sacarose. Os resultados demonstram que a síntese e

a secreção de proteases é muito maior do que a quantidade teoricamente necessária para a hidrólise das proteínas da dieta.

O tratamento de calor da soja afeta a secreção das enzimas proteolíticas. KHALIFA et al. (1994) observaram que a atividade da tripsina foi maior em ratos alimentados com soja tostada do que em ratos alimentados com soja crua. No entanto, a atividade da quimiotripsina foi maior nos ratos alimentados com soja crua do que nos alimentados com soja tostada.

A atividade da tripsina foi afetada pela idade e pela fonte de proteína da dieta. No terceiro dia pós-desmame suínos que receberam dietas com leite em pó tiveram maior atividade de tripsina do que os que consumiram farelo de soja. O mesmo efeito foi observado para a atividade da quimiotripsina. No décimo dia pós-desmame não foi encontrado efeito na atividade da tripsina e da quimiotripsina em relação as diferentes fontes de proteína da dieta (MAKKINK et al., 1994).

2.2. Inibidores de proteases

Inibidores de proteases são proteínas das plantas que interferem na ação das enzimas digestivas proteolíticas dos animais. A maioria dos inibidores de proteases que tem sido estudados estão na soja, entretanto são abundantes em todos os grãos de leguminosas (IKENAKA e NORIOKA, 1986). Os inibidores de proteases ligam-se as enzimas proteolíticas, tornando-as não funcionais (COON, 1991).

É aceito que o principal efeito antinutricional dos inibidores de tripsina na dieta é o estímulo à secreção de enzimas digestivas pelo pâncreas.

Os inibidores, no lúmen do intestino delgado, inicialmente reagem com a protease pancreática apropriada. Como resultado, as concentrações de endopeptidases no lúmen decrescem. A não ativação do tripsinogênio no intestino pelos inibidores induz a mucosa intestinal a produzir a colecistoquinina (**CCK**), hormônio que estimula as células acinares do pâncreas a produzir mais tripsinogênio, bem como quimiotripsinogênio, e as enzimas elastase e amilase. O resultado é uma perda endógena de proteína rica em aminoácidos sulfurados, o que leva a depressão no crescimento. Ao mesmo tempo o pâncreas começa a aumentar de tamanho, devido a sua hipertrofia e hiperplasia (LIENER, 1989).

Os principais inibidores de tripsina, considerados os mais importantes componentes antinutricionais da soja, são os inibidores de Kunitz e o de Bowman-Birk (IKENAKA e NORIOKA, 1986). O inibidor de Kunitz foi isolado e caracterizado por Kunitz, em 1947 (citado por HERKELMAN et al., 1992) e tem sido demonstrado seus efeitos no decréscimo da digestão da proteína em suínos pela inibição de enzimas proteolíticas, como a tripsina e a quimiotripsina (Yen et al., 1977; citados por HERKELMAN et al., 1992).

O inibidor de Kunitz tem peso molecular de 20000 a 25000, sendo constituído por 181 aminoácidos, incluindo duas pontes dissulfídicas (IKENAKA e NORIOKA, 1986). É específico para o tripsinogênio e é desnaturado por calor (COON, 1991). A ação do inibidor de tripsina de Kunitz é devida a sua combinação com o tripsinogênio pancreático, formando um composto irreversível. Esta combinação é praticamente instantânea e na proporção massa: massa de 1:1 (KUNITZ, 1947).

O inibidor Bowman-Birk possui 71 resíduos de aminoácidos, com alto conteúdo de cisteína, e tem a capacidade de inibir simultaneamente 2 proteases de forma independente. A tripsina é inibida pelo sítio ativo LEU(43)-SER(44) e a quimiotripsina pelo sítio ativo LIS(16)-SER(17), e possui 7 pontes dissulfídicas (IKENAKA e NORIOKA, 1986). O peso molecular é de 8000, sendo constituída de 12 pontes dissulfídicas por molécula, e com um equivalente a 17% do conteúdo em cisteína (COON, 1991),

Os inibidores proteolíticos da soja também inibem levemente a ação proteolítica da quimiotripsina. Ocorre a formação de um composto reversível, diferente da inibição da tripsina (KUNITZ, 1947).

Os inibidores de tripsina reduzem a digestibilidade do nitrogênio e da energia (Rudolph et al., 1983; Vandergrift et al., 1983; citados por RODHOUSE et al., 1992).

O sinal para a liberação da colecistoquinina é dependente da queda da concentração das enzimas pancreáticas no lúmen. O sinal é mediado, provavelmente, por um peptídeo monitor originário da mucosa do jejuno ou do pâncreas. Na ausência de inibidores, o peptídeo monitor é rompido e inativado pelas proteases presentes no lúmen. Na presença dos inibidores, o nível de proteases é baixo e insuficiente para inativar os peptídios inibidores. Desta forma inicia o processo de estimulação das células endócrinas (PUSZTAI et al., 1993).

Segundo PUSZTAI et al. (1993), o resultado final do processo de estimulação da secreção de enzimas pancreáticas é a perda nas fezes de uma parte das proteínas pancreáticas secretadas, que não podem ser recicladas.

Como a maioria das enzimas pancreáticas são ricas em aminoácidos sulfurados, suas perdas irão agravar os problemas antinutricionais dos grãos das leguminosas, muitos dos quais são deficientes em metionina. Se os complexos inibidores de proteases escapam da digestão no intestino delgado, eles irão levar a uma ineficiente utilização das proteínas da dieta e a um aumento das perdas de proteína de origem endógena.

2.3. Lectinas

Lectinas são compostos protéicos que estão presentes na forma de glicoproteínas. São caracterizadas pela capacidade de ligar-se a componentes dos açúcares. A afinidade com açúcares pode diferir entre as varias lectinas. O primeiro efeito das lectinas esta relacionado com o fato destas ligarem-se a parede da mucosa intestinal. Esta ligação resulta em um prejuízo para as células do epitélio intestinal, o que pode resultar em um decréscimo na absorção de nutrientes, uma troca na atividade das enzimas das bordas em escova e uma hiper secreção de proteína endógena, um aumento da produção de mucina e uma perda de proteína plasmática para o lúmen intestinal (HUISMAN e TOLMAN, 1992).

Segundo PUZTAI et al. (1993), em situações altamente específicas as lectinas ligam-se de maneira irreversível a glicídios simples ou complexos, que estão em solução e presentes nas membranas ou outras superfícies biológicas. Grãos, e em especial de leguminosas, são fontes ricas em lectinas.

Assim como para os inibidores de tripsina, o tratamento pelo calor, é o método mais freqüentemente usado para reduzir a atividade das lectinas. Os

resultados tem mostrado que as lectinas são mais sensíveis ao calor do que os inibidores de tripsina, com tostagem à seco a inativação é menos efetiva do quando utilizados os métodos de tostagem úmida, autoclavagem e extrusão (HUISMAN e TOLMAN, 1992).

Uma série de complexos eventos que culminam em severa depressão no crescimento e levam a morte dos animais ocorrem, devido a ligação das lectinas com as células epiteliais do intestino delgado. Os efeitos biológicos incluem prejuízo no transporte de nutrientes através da parede intestinal, hipertrofia intestinal acompanhada de aumento na taxa de síntese de proteína que constitui o muco, aumento do catabolismo no fígado e proteína muscular, diminuição do nível de insulina do sangue e inibição das hidrolases das bordas em escova (LIENER, 1988).

2.4. Efeito da soja sobre o consumo de alimentos e o ganho de peso de suínos

Os inibidores de crescimento, presentes na soja crua, atuam sobre a digestibilidade da proteína. Esta ação, associada a ação causada pelo sabor e o odor da soja, pode causar recusa de alimento, quando a soja não é processada.

O tratamento térmico pode melhorar a aceitabilidade da soja, devido a formação de substâncias resultantes da condensação de glicídios e aminoácidos. Entretanto, um excesso de calor também pode resultar na perda de disponibilidade de aminoácidos, devido a processos decorrentes de trocas de estrutura e formação de produtos da reação de Maillard.

Os aminoácidos respondem de formas variadas ao processamento térmico. Para a lisina, a treonina, a metionina e o triptofano, o calor induz trocas na estrutura da molécula que prejudicam levemente a digestibilidade ileal, mas resultam em uma proporção substancial destes aminoácidos que embora sejam absorvidos são pobremente utilizados. Os aminoácidos de cadeia ramificada como a isoleucina a leucina e a valina parecem ser menos suscetíveis aos efeitos do calor (BATTERHAM, 1992).

PICKFORD (1992) indica que a cisteína, a lisina, a arginina, a treonina e a serina são os aminoácidos mais sensíveis aos efeitos do calor.

Segundo BATTERHAM (1994), o processamento térmico inicialmente melhora a digestibilidade da lisina e então gradualmente reduz. A treonina, a metionina, o triptofano, a fenilalanina tem a sua predição de digestibilidade ileal superestimadas em proteínas que sofreram danos pelo calor. As trocas que ocorrem nestes aminoácidos, que são metabolizados no fígado, devido ao processamento térmico apresentam pouco efeito sobre a digestibilidade ileal, o que resultam em uma menor capacidade de utilização.

FABER e ZIMMERMAN (1973) observaram que o consumo de suínos diminuiu, quando receberam dieta contendo soja tostada comparativamente a animais alimentados com farelo de soja. Já em um segundo ensaio o consumo de alimento não foi afetado pelo tratamento térmico da soja.

NOLAND et al. (1976) também observaram ganhos de peso superiores quando os suínos receberam dieta contendo grãos de soja tostada por 12 minutos em relação aos animais que receberam dieta contendo soja

crua. Sendo que após este período de tempo de tostagem, o desempenho dos animais diminuiu, em relação aos que receberam soja processada por 12 minutos.

As respostas de consumo de alimento contendo soja integral com diferentes tratamentos térmicos são diferenciadas. Alguns autores, como CRENSHAW e DANIELSON (1985), observaram que suínos em crescimento alimentados com soja crua apresentaram consumo de alimentos inferior ao de suínos alimentados com farelo de soja. Aqueles animais também foram menos eficientes na utilização do alimento e cresceram mais lentamente do que os animais consumindo dietas contendo farelo de soja. Por outro lado, COOK et al. (1988) não observaram diferenças de consumo entre animais consumindo dietas contendo farelo de soja ou soja crua de alto e baixo valor de inibidor de tripsina.

HANSEN et al. (1987) também não observaram diferenças de consumo entre suínos alimentados com soja submetida a subtostagem ou a tostagem excessiva ou a tostagem normal. Os farelos foram manufaturados em baterias de 3,6 toneladas, partindo de uma mesma amostra de soja crua por em um período de 36 horas, utilizando um processador de 4 compartimentos. As diferenças entre os tratamentos foram produzidas por alterações no tempo de processamento e na temperatura do processo. O tempo norma foi caracterizado pelas temperaturas de 81,7, 103,3, 92,2 e 103,3°C, respectivamente, nos compartimentos 1, 2, 3 e 4. A soja com tostagem insuficiente foi processada com as temperaturas de 79,4, 103,9, 89,4 e 103,9°C. A soja excessivamente processada e protegida receberam o

tratamento normal e passaram novamente no processador com temperaturas de 101,1, 101,7, 77,8 e 120°C nos compartimentos 1, 2, 3 e 4 com tempo de processamento de 33 minutos para a soja excessivamente processada e com temperaturas de 109,4, 103,3, 104,4 e 88,9°C, para um tempo de processamento de 66 minutos.

No entanto, NOLAND et al. (1987) não observaram diferenças de ganho de peso entre animais consumindo soja subtostada, soja tostada por um período de tempo normal e soja tostada por dois períodos de tempo excessivo, denominada tostada excessivamente e proteína protegida, a temperatura de processamento foi de 135°C.

De acordo com CRENSHAW e DANIELSON (1985), COOCK et al. (1988), e FRIESEN et al. (1993b), a perda de desempenho em suínos consumindo dietas com soja crua, ou com ineficiente exposição ao tratamento térmico foi devido a presença de inibidores de tripsina em níveis elevados nas fontes de soja utilizados.

HANCOCK et al. (1990a) utilizaram diferentes tempos de autoclavagem dos grãos de soja entre 0 e 40 minutos. Os autores observaram que o ganho de peso dos suínos foi inferior para os animais consumindo as dietas contendo grão processados até 10 minutos, ocorrendo um aumento no ganho de peso quando animais consumiram dietas contendo grãos de soja processados entre 20 e 40 minutos.

A explicação mais lógica para a redução de crescimento, segundo HUISMAN e TOLMAN (1992), é que devido a inativação das enzimas

proteolíticas intestinais, tripsina e quimiotripsina, pelos inibidores de Kunitz e de Bowman-Birk, ocorre uma interferência no processo digestivo como um todo.

Vários trabalhos também sugerem perda de aminoácidos endógenos, principalmente cisteína, devido a estimulação da secreção enzimática pelo pâncreas, uma vez que as enzimas tripsina e quimiotripsina são ricas em cisteína. Uma vez que a metionina atua doando radical metil para a cisteína, pode ocorrer uma perda de disponibilidade de metionina decorrente da excessiva síntese de cisteína (HUISMAN e TOLAMAN, 1992). Os mesmos autores sugerem que os efeitos negativos dos inibidores de tripsina da soja podem ser reduzidos significativamente pela inclusão de aminoácidos as dietas, principalmente metionina, treonina, valina e lisina (HUISMAN e TOLAMAN, 1992).

PARSONS et al. (1992) observaram uma perda de desempenho de frangos de corte à medida que o tempo de cozimento da soja aumentou. Este efeito foi associado a perdas na disponibilidade da lisina, através da participação deste aminoácido com oligossacarídeos nas reações de Maillard,. À medida que as dietas foram suplementadas com lisina verificaram uma recuperação no desempenho das aves, em relação àquelas que receberam a dieta testemunha.

2.5. Digestibilidade da proteína

No estômago e no intestino delgado as proteínas sofrem ação de enzimas e são transformadas em peptídios e aminoácidos. No ceco e no cólon todos os aminoácidos podem ser desaminados pelos microorganismos,

produzindo amônia e várias aminas e serem incorporados na síntese “de novo” de aminoácidos.

HOLMES et al. (1974), utilizando suínos com peso corporal médio de 45 kg, mediram a quantidade de aminoácidos que passavam através do intestino delgado e compararam com a quantidade recuperada nas fezes. Os autores observaram diferenças entre a digestibilidade ileal e fecal de 6,6%, o que sugere que a fermentação do material nitrogenado e a absorção de produtos finais, como a amônia, obscurece a magnitude da diferença entre a entrada de nitrogênio no intestino delgado, que possivelmente é a única seção do intestino onde os aminoácidos podem ser absorvidos, e a saída destes via fezes. Segundo os mesmos autores, a partir de ensaios de metabolismo e da digestibilidade, é possível assumir que os aminoácidos que desapareceram durante a passagem através do trato digestivo são absorvidos e que o nitrogênio da urina é derivado de processos de desaminação no fígado.

Para o farelo de soja é possível considerar que 9% do nitrogênio e 4% do desaparecimento de aminoácidos pode ocorrer como resultado dos processos de absorção e desaminação, respectivamente, no intestino grosso (HOLMES et al., 1974).

JORGENSEN et al. (1984) observaram em suínos valores de digestibilidade ileal aparente de nitrogênio de 77,8% para o farelo de soja. Naquele trabalho foram verificados os valores de digestibilidade para a lisina, a treonina e a metionina. Os valores encontrados foram de 80,1%, 74,2% e 79,9%, respectivamente. Com relação a digestibilidade fecal, foram observados os valores de 92,4% para o nitrogênio no farelo de soja. A digestibilidade fecal

da lisina, da treonina e da metionina foram, respectivamente, 92,2%, 89,5% e 86,5%.

CHANG et al. (1987), quando usaram 4 farelos de soja tratados térmicamente de forma diferente, e que foram designados como baixo, normal, superior e protegida, não observaram diferenças na digestibilidade da proteína. A arginina foi o aminoácido que apresentou a maior digestibilidade fecal (91,7%), enquanto que a treonina (76,5%) e o triptofano (78,7%) tiveram os menores valores de digestibilidade. As digestibilidades da lisina e da metionina decresceram com o aumento do tempo de tratamento térmico.

Segundo COOK et al. (1990), suínos alimentados com soja contendo alto teor de inibidores de tripsina de Kunitz apresentaram valor de digestibilidade do nitrogênio menor que aqueles obtidos com farelo de soja e a soja com baixo conteúdo de inibidor de tripsina de Kunitz.

A digestibilidade aparente dos aminoácidos em dieta à base de aminoácidos cristalinos e amido foi de 93,9%, enquanto que a digestibilidade verdadeira encontrada por CHUNG e BAKER (1992) foi de 99%. Foram observados valores de digestibilidade de 96,9% para lisina, 91,1% para a treonina e 97,3% para a metionina. Quando os valores foram corrigidos para as perdas endógenas, o triptofano, a treonina e a arginina mostraram os maiores aumentos em digestibilidade. No momento em que foi realizada a correção para proteína endógena as perdas de treonina tiveram efeito substancial na digestibilidade, indicando a presença de altos níveis de treonina na digesta ileal de suínos.

MARTY et al. (1994), utilizando dietas à base de amido de milho e soja tostada, observaram coeficientes de digestibilidade ileal aparente de 69,5% para a proteína bruta e de 71% para a lisina e 61,8% para a treonina.

DONKOH e MOUGHAN (1994) observaram em ratos que o nível de proteína da dieta influenciou positivamente a digestibilidade ileal aparente do nitrogênio. Os valores de digestibilidade aumentaram à medida que o conteúdo de proteína bruta da dieta aumentou de 25 até 200 g/ kg.

FAN et al. (1994) observaram um efeito linear decrescente na digestibilidade ileal aparente da matéria seca quando o conteúdo de proteína da dieta aumentou, decorrente da troca de amido por soja, indicando uma menor digestibilidade do farelo de soja em relação ao amido. A resposta em relação a digestibilidade protéica foi de um aumento de forma quadrática decorrente do aumento da proteína bruta da dieta de 4 até 24%. O mesmo efeito foi observado em relação a digestibilidade de aminoácidos.

Segundo FAN et al. (1994), os aumentos da digestibilidade foram maiores nos níveis baixos de proteína e tornaram-se quase negligenciáveis nos níveis altos de proteína da dieta, em função da proporção da proteína endógena diminuir à medida que aumentou a proteína da dieta.

ADEOLA et al. (1994) obtiveram valor de disponibilidade de 85% para a lisina no farelo de soja em suínos com 10 a 20 kg de peso corporal, tendo como base a resposta de ganho de peso corporal. No entanto, quando referido a eficiência alimentar o valor de digestibilidade foi de 88%. Já com relação a treonina a disponibilidade foi de 73%, utilizando o ganho de peso. Usando a eficiência alimentar, a disponibilidade foi estimada em 80%.

QUINIOU et al. (1995) observaram efeito do peso corporal e do nível de energia consumido no coeficiente de digestibilidade do nitrogênio.

FAN et al. (1994) estabeleceram 10 faixas de proteína bruta na dieta de 4 a 24%, de 4 a 20%, de 4 a 16%, de 4 a 12%, de 8 a 24%, de 8 a 20%, de 8 a 16%, de 12 a 24%, de 12 a 20% e de 16 a 24%, para medir a contribuição da proteína endógena sobre a digestibilidade da proteína. Os resultados obtidos sugerem que diferenças na faixa de nível de aminoácidos não têm efeito na linearidade entre o conteúdo de aminoácidos digestíveis na dieta e aminoácidos totais. Os autores observaram que as relações entre o conteúdo de aminoácidos na dieta e o total de aminoácidos sobre os níveis de aminoácidos endógenos são independentes dos seus respectivos níveis na dieta. Os resultados indicaram, que quando a fonte de proteína da dieta e o conteúdo dos demais componentes da dieta, incluindo fatores antinutricionais, são semelhantes entre as dietas, os níveis de aminoácidos endógenos e a digestibilidade destes é a mesma. Em contraste, se os níveis de aminoácidos endógenos não são constantes, com diferentes níveis de aminoácidos nas dietas experimentais, a relação entre o conteúdo de aminoácidos digestíveis e total é curvilínea.

Segundo FAN et al. (1995), a digestibilidade ileal é independente do conteúdo de aminoácidos da dieta, sendo observada uma resposta quadrática, decrescente, e que atinge um platô nos níveis mais altos de proteína da dieta (12 a 24%).

FAN e SAUER (1995) afirmaram que a contribuição de aminoácidos endógenos é relativamente alta quando os animais possuem um baixo

consumo de aminoácidos proveniente da dieta. Isto implica que os resultados provenientes de métodos diretos não são adequados para a determinação dos valores de digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos em alimentos que contenham baixos níveis de proteína. No entanto, em alimentos ricos em proteína, como as leguminosas, o método direto é um bom modelo para determinar os valores de digestibilidade. Já em relação aos métodos indiretos, o método por diferença é aconselhável para a predição da digestibilidade de alimentos com baixo e alto conteúdos de proteína, da mesma forma que o método de regressão.

2.6. Efeito da gordura sobre a digestibilidade

LI e SAUER (1994) demonstraram que a digestibilidade da matéria seca da dieta não foi afetada pelo seu conteúdo de gordura. No entanto, a digestibilidade ileal aparente da proteína bruta, e dos aminoácidos, com exceção da metionina, cisteína e serina, tiveram um aumento linear decorrente do aumento da gordura da dieta. O incremento na digestibilidade ileal aparente foi devido ao retardamento do movimento gástrico decorrente do aumento da gordura. Isto refletiu em uma menor taxa de passagem do alimento através do intestino delgado, resultando em um maior tempo de permanência do alimento e, em consequência, numa maior digestibilidade dos aminoácidos. Entretanto, os autores não observaram efeito da gordura sobre a digestibilidade fecal aparente dos aminoácidos e da proteína.

POWLES et al. (1994) observaram que as gorduras altamente insaturadas, como as do óleo de soja, possuem valores de energia digestível (37,17 MJ/kg) maiores do que aquelas das gorduras saturadas.

2.7. Efeito do calor sobre a energia digestível e/ou metabolizável

Segundo BAYLEY e SUMMERS (1975), a soja extrusada possui 16% a mais de óleo, em relação ao farelo de soja, o que conferiu a este produto um aumento na energia digestível de 3,88 para 4,31 Mcal/kg, em suínos com 30 kg de peso corporal. O valor de energia metabolizável (**EM**) foi igual a 94% da energia digestível (**ED**). Em suínos com 70 kg de peso corporal os valores foram de 3,99 Mcal/kg e 3,45 Mcal/kg, respectivamente para a ED e EM e de 3,88 e 3,37 Mcal/kg para suínos de 30 kg de peso corporal.

NOLAND et al. (1976) verificaram que a digestibilidade da energia bruta de grãos de soja, em relação a uma dieta com farelo de soja, foi maior quando foram aquecidos por 8 e 12 minutos.

COOK et al. (1988) observaram que as energias digestível e metabolizável do farelo de soja foram maiores do que aqueles de cultivares de soja contendo alto ou baixo teor de inibidores de tripsina.

RODHOUSE et al. (1992) encontraram valores maiores para a ED e a EM de dietas contendo soja extrusada, em comparação com dietas contendo farelo de soja e óleo. No mesmo trabalho foi verificado que a EM e a ED das dietas contendo soja extrusada foram similares as energias de dietas de farelo de soja e óleo contendo uma adição de L-Lisina HCl. O aquecimento

da soja crua também mostrou um aumento na utilização da energia metabolizável.

A ED da dieta aumentou de forma linear com o aumento da inclusão de soja integral extrusada. Já AGUNBIADE et al. (1992) observaram efeito da inclusão de soja integral sobre a digestibilidade da matéria seca.

Segundo MARTY e CHAVEZ (1993), quando os níveis de gordura da dieta aumentam eles diluem as excreções lípidicas endógenas, resultando em uma maior representatividade da digestibilidade da gordura da dieta. O valor observado de digestibilidade da energia da soja tostada foi de 74%.

KHALIFA et al. (1994) observaram que os valores de digestibilidade dos lipídios foram maiores na soja crua do que na soja térmicamente tratada.

Segundo dados de MARTY e CHAVEZ (1994), o coeficiente de digestibilidade (fecal) da energia da soja integral extrusada foi de 90%, em dietas de suínos contendo 42% de amido de milho.

2.8. Efeito da alimentação com dietas de baixo nível de proteína no balanço de nitrogênio e de energia

Os valores de digestibilidade da proteína e da energia estão associados a concentração da proteína da dieta. Os alimentos contendo altas concentrações de proteína provocam um excesso de aminoácidos no lúmen do intestino delgado, diminuindo a capacidade de absorção destes. Por outro lado, dieta com baixa concentração de proteína tem os valores dos coeficientes de digestibilidade fecal aparente mascarados por um efeito de aumento das concentrações de proteína endógena, proveniente da descamação da parede

intestinal e de enzimas, somadas com a contribuição da produção de nitrogênio bacteriano, produzida no intestino grosso e no ceco.

Segundo NEWPORT (1979), a retenção de nitrogênio/kg de peso corporal aumenta linearmente à medida que aumenta o nível de proteína bruta da dieta. Entretanto, no trabalho do autor também ocorreu um aumento na excreção urinária de nitrogênio e um decréscimo na proporção de nitrogênio ingerido que foi retido, quando empregaram níveis altos de proteína bruta na dieta (240 ou 270 g/kg).

HAHN et al. (1995) observaram respostas linear (ganho de peso) e quadrática (eficiência alimentar) para a adição de lisina na dieta. O platô de desempenho de suínos alimentados com dietas contendo 11% de proteína bruta e com as suas necessidades de lisina atendidas não foi diferente daquela observada nos suínos que receberam dietas contendo 14% de proteína bruta.

KERR e EASTER (1995) mostraram que suínos recebendo dietas com 12% PB perderam peso mais lentamente do que os que receberam dietas com 12% de PB, suplementadas com lisina, triptofano e treonina. Os animais que consumiram a dieta com 12% de PB suplementada com aminoácidos cresceram em taxas semelhantes a de animais consumindo dietas com 16% de PB. Não foi observada diferença em relação ao nitrogênio (**N**) excretado via urinária pelos suínos entre as dietas de 12% e 16% de PB. No entanto, a dieta de 12% suplementada com aminoácidos apresentou uma redução na excreção urinária de nitrogênio. A excreção fecal de nitrogênio não foi afetada pela proteína da dieta. Os suínos alimentados com dietas contendo 12% de PB apresentaram valores de digestibilidade de nitrogênio menor do que os animais

que consumiram dieta com 16% de PB. Os autores também verificaram que os suínos alimentados com dieta contendo 16% de PB excretaram quantidade maior de N fecal do que os animais alimentados com dietas com 12% de PB, não suplementada ou suplementada com lisina, triptofano, treonina e aminoácidos não essenciais.

KERR e EASTER (1995) não observaram diferença na digestibilidade do nitrogênio entre suínos consumindo a dieta de 12% PB suplementada com aminoácidos essenciais e não essenciais e aqueles que receberam dietas de 12% de PB não suplementadas ou suplementadas com lisina, triptofano e treonina. A redução de proteína para 12% resultou em um decréscimo na excreção urinária de N. Com relação a energia, KERR e EASTER (1995) não observaram variação em relação a sua excreção via urina entre animais consumindo dietas contendo 12% de PB ou 16% de PB. Porém, dieta contendo 12% de PB suplementada com lisina, triptofano e treonina apresentou redução na excreção urinária de energia.

2.9. Tratamentos de calor

Os principais objetivos do tratamento com calor para os grãos de soja são destruir os inibidores de tripsina; destruir a hemaglutina tóxica e, em consequência, aumentar a disponibilidade dos nutrientes.

O processamento dos grãos de soja com calor, com correta duração e intensidade, desnatura ou destrói os fatores antinutricionais da soja. Entretanto, a qualidade da proteína pode ser afetada por um sub-cozimento, como também por um super-cozimento.

O tratamento de calor é mais efetivo quando a umidade é elevada. As correlações entre os diferentes tratamentos e desempenho animal é muito baixa quando comparam os diferentes processos. Existem muitas combinações possíveis entre temperatura, tempo de processamento e temperatura possíveis de ser utilizadas visando maximizar a qualidade do grão de soja e os custos de energia (LARBIER e LECLERCQ, 1992).

Segundo RACKIS (1965), o grau de aumento do valor nutricional da soja é paralelo a destruição da atividade dos inibidores de tripsina pelo tratamento com calor e depende da temperatura, do tempo de duração do tratamento e das condições de umidade.

O processo de aquecimento leva a proteína ao estado de gel, caracterizado por uma viscosidade maior do que quando no estado não tratado. Segundo CATSIMPOOLAS e MEYER (1970), a viscosidade no estado de gel é função do tempo de aquecimento e da temperatura. Os géis são formados por interações intracelulares que produzem uma estrutura tridimensional rígida. Estes mecanismos de formação são diferentes entre proteínas, sendo sugeridos processos de ligação, envolvendo pontes de hidrogênio, interações sulfidril-dissulfato e formação de grupos de peptídios.

SEERLEY et al. (1974) observaram que suínos alimentados com soja aquecida a 115°C tiveram um desempenho pior e maior deposição de tecido adiposo, apresentando perda de tecido muscular. No mesmo trabalho, estudando o efeito da soja integral tostada (118°C por 40 minutos), verificaram que não ocorreram diferenças no ganho de peso diário médio e na eficiência alimentar, quando os suínos foram comparados com aqueles que receberam

farelo de soja. Suínos alimentados com dietas contendo soja tostada a 132°C tiveram ganhos de peso próximos aos daqueles alimentados com dieta contendo farelo de soja. Porém, foi necessária maior quantidade de alimento por unidade de peso. No mesmo trabalho, mas em outro experimento, usando soja tostada a 143°C, os autores observaram ganhos de peso melhores do que os obtidos com dietas com farelo de soja.

TRINDADE (1982), estudando a influência do tempo de tostagem sobre a atividade da urease e dos inibidores de tripsina, observou que a atividade de urease sofreu um decréscimo nos primeiros 15 minutos de tostagem, enquanto que os inibidores de tripsina mostraram uma resistência maior ao calor seco, nas mesmas condições. A partir dos 30 minutos, a inativação da urease e dos inibidores de tripsina aumentaram com a mesma intensidade e a partir de 45 minutos os valores aproximaram-se rapidamente de zero.

A medição da atividade da urease, baseada na troca de pH, é um dos mais comuns métodos usados "in vitro" para testar a qualidade do farelo de soja. Entretanto, este método é correto apenas para determinar o subcozimento do farelo de soja, visto que a atividade de urease rapidamente decresce a zero quando a soja é aquecida (PARSONS, 1993). A indústria utiliza corretamente o teste da atividade da enzima urease como uma medida para avaliar o processamento da soja (COON, 1991). Porém, é necessário um segundo método para determinar se ocorreu uma tostagem excessiva dos grãos de soja. Este método, segundo PARSONS (1993), é o que mede a

solubilidade protéica, uma vez que ocorrem prejuízos a proteína da soja decorrentes do excessivo cozimento, como por exemplo, a sua desnaturação.

Estudando os efeitos do tempo e da temperatura, CHANG et al. (1987) observaram que o conteúdo de proteína dos farelos de soja foram similares, mas o conteúdo de lisina mostrou tendência em decrescer com o aumento do tempo do tratamento com calor. A atividade da urease e os inibidores de tripsina também decresceram com o aumento do tempo de tratamento com calor.

Segundo COMBS et al. (19??), o tratamento correto da soja, em relação a urease, foi encontrado no tempo de 120 minutos, com baixa pressão ($0,68 \text{ kg/cm}^2$) e com temperatura de 110°C ,

A extração com etanol aumenta a qualidade dos produtos de soja, especialmente quando são sub ou super-processados (HANCOCK et al., 1990a).

HEALY et al. (1990), trabalhando com suínos em terminação, e testando o efeito da extrusão da soja, verificaram que a extrusão a 131°C aumentou o valor nutricional da soja. Resultados semelhantes foram obtidos por FRIESEN et al. (1993b), estudando os efeitos da extrusão da soja para suínos desmamados.

LEE e GARLICH (1991) observaram que o aumento do tempo de tratamento com calor promoveu um decréscimo na solubilidade protéica, testada pelos métodos de KOH e Borato.

Também HERKELMAN et el. (1991) observaram que a solubilidade da proteína da soja decresceu de 75% para 35%, de uma forma linear, com o

tempo de tratamento. Aquecimento por 40 minutos resultou em uma solubilidade protéica de aproximadamente 50%. Com um aquecimento superior ocorreu uma perda na solubilidade da proteína. Os mesmos autores testaram diferentes tempos de autoclavagem, a 121°C de temperatura, e concluíram que os inibidores de tripsina, a atividade ureática e a solubilidade protéica decresceram com o tempo de aquecimento.

Segundo CAMIRE et al. (1990), calor extremo pode produzir um aumento nos níveis de ácidos graxos livres, pela hidrólise de triglicerídios, levando a elevação dos problemas de rancificação. Mas, por outro lado, altas temperaturas reduzem os níveis de umidade e da atividade da lipase. Desta forma, diminuem os fatores que favorecem o desenvolvimento de ácidos graxos livres,

O calor pode induzir alterações na molécula da treonina, que embora não afetem a digestibilidade ileal, diminuem a sua utilização. Os resultados com farelo de algodão, obtidos por BEECH et al. (1991), indicam que a natureza do prejuízo do calor não é específico ao grupo épsilon livre, como na lisina, mas provavelmente envolva reações entre aminoácidos na molécula.

Os resultados de pesquisa indicam que os aminoácidos apresentam variações quanto a sua susceptibilidade as condições de processamento. Segundo BATTERHAM (1992), a lisina, a treonina e a metionina apresentam sensibilidade ao tratamento térmico e trocas em suas estruturas ocorrem, sem necessariamente afetar suas digestibilidades. Porém estas trocas tornam os aminoácidos indisponíveis a síntese de proteína. Como resultado, a

digestibilidade ileal superestima a disponibilidade destes aminoácidos em alimentos tratados pelo calor.

HSU e SATTER (1995) realizaram um ensaio para verificar se o Índice de Dispersibilidade de Proteína (PDI) e as medidas de absorvância, com comprimentos de onda de 420 nm, podem ser utilizados como índices para indicar a extensão de exposição de grãos de soja ao tratamento térmico e verificar o ótimo tratamento de calor para utilizar grãos de soja como suplemento protéico para ruminantes. Os autores observaram que, quando expostas a temperaturas menores de 140°C, a curva de PDI variou muito pouco. No entanto, as variações ficaram maiores à medida que as temperaturas foram superiores a 140°C. O índice de absorvância no comprimento de onda de 420 nm teve um comportamento inverso ao PDI. À medida que as temperaturas aumentaram de 110°C até 165°C a curva de absorvância teve resposta quadrática crescente. Foi observado que o tempo de exposição ao calor teve efeito marcante sobre a solubilidade da proteína. À medida que o tempo de exposição aumentou, a solubilidade da proteína diminuiu. Baseados nestes resultados, HSU e SATTER (1995), concluíram que o tratamento ótimo para os grãos de soja é de 146°C seguido por um período de descanso de 30 minutos. O PDI ideal está na faixa de 9% e 11%. O PDI foi um método de análise com grande sensibilidade para indicar o ótimo tratamento dos grãos de soja.

2.10. Reação de Maillard

A reação de Maillard envolve a condensação de grupos amino com grupos carbonil e dihidro-redução numa matriz semelhante a lignina.

Os produtos da reação de Maillard ocorrem em alimentos que são cozidos ou tostados. Esta reação é importante no desenvolvimento de sabor, visto que seus produtos são responsáveis pelo sabor de caramelo. Os glicídios são susceptíveis a degradação térmica na presença de amins ou aminoácidos e água. Esta reação envolve a condensação de resíduos de açúcares com aminoácidos, seguida por uma polimerização, formando uma substância marrom constituída de 11% de nitrogênio e que possui muitas das propriedades físicas da lignina (VAN SOEST, 1994). A reação mais importante é a condensação através da qual as proteínas tornam-se indigestíveis, particularmente as proteínas com grupos livres amina ou enxofre, como na lisina, na cisteína e na metionina e grupo fenol da tirosina (VAN SOEST, 1994).

O calor, segundo PICKFORD (1992), pode causar efeitos prejudiciais nas proteínas, sendo a cisteína, a lisina, a arginina e a serina os aminoácidos mais sensíveis. Asp (1986), citado por PICKFORD (1992), afirma que o processamento térmico diminui o valor nutricional da proteína dos alimentos devido a perda de aminoácidos essenciais através da reação de Maillard, ou do processo de oxidação, sendo que a lisina é o aminoácido mais prejudicado neste processo.

2.11. Efeito do tratamento de calor sobre a digestibilidade do nitrogênio

O calor, quando empregado adequadamente, pode causar efeitos benéficos na digestibilidade da proteína, pois atua sobre sua estrutura, tornando-a mais susceptível a ação enzimática. No entanto, o calor pode ter efeitos prejudiciais na digestibilidade da proteína, quando empregado em excesso. Ele desnatura as proteínas, causa uma modificação de estrutura, como ocorre com a lisina que tem uma inversão da ligação ϵ -amino. Isso provoca perda de disponibilidade, favorece a formação dos produtos da reação de Maillard, que torna indisponíveis à absorção os aminoácidos que ficam ligados as porções glicídicas afetadas.

FABER e ZIMMERMAN (1973), estudando o efeito da extrusão e da tostagem da soja, encontraram que o coeficiente de digestibilidade do nitrogênio da soja extrusada foi maior do que da soja tostada. No mesmo trabalho verificaram que a digestibilidade da proteína do farelo de soja foi maior do que o da proteína da soja extrusada. A retenção de nitrogênio não foi afetada pelos tratamentos térmicos, mas foi maior para o farelo de soja e para a soja extrusada, quando comparada com a soja tostada. Já BAYLEY e SUMMERS (1975), trabalhando com suínos com peso corporal médio de 30 kg, observaram resposta diferente. A digestibilidade do nitrogênio em dietas com soja extrusada foi menor do que em dietas contendo farelo de soja.

NOLAND et al. (1976), comparando soja cozida, soja tostada e farelo de soja, não observaram diferenças na digestibilidade de nitrogênio para estes três produtos de soja. A digestibilidade do nitrogênio foi de 88% para o farelo de soja, 87% para a soja cozida e 88% para a soja extrusada.

Segundo TRINDADE (1982), os valores de proteína com tostagem por 60 minutos não se alteraram em relação a soja crua.

RUDOLPH et al. (1983), comparando a soja extrusada e os farelos de soja com 44% e 50% de proteína bruta, não encontraram diferenças na digestibilidade da proteína, embora tenham encontrado alto valor de inibidor de tripsina para a soja extrusada, indicando um inadequado tratamento de calor.

COOK et al. (1988) observaram que a digestibilidade do nitrogênio foi maior para o farelo de soja do que para a soja de baixo teor de inibidor de tripsina, refletindo melhor qualidade do farelo devido a um correto tratamento de calor feito durante seu processamento, destruindo os inibidores de tripsina.

COMBS et al. (19??) observaram que a digestibilidade da proteína foi menor em suínos recebendo ração que continha soja crua em relação a dieta com soja tostada. A disponibilidade de aminoácidos foi igual para a soja crua, a soja tostada e o farelo de soja (50% PB), quando medido através do conteúdo de uréia no plasma.

Já HANCOCK et al. (1990b) encontraram respostas diferentes para o fluxo de nitrogênio no íleo e no cólon, que refletiram as diferenças destes nutrientes ingeridos, quando trataram o farelo de soja com tempos de autoclavagem de 5, 20 e 60 minutos.

HERKELMAN et al. (1992) encontraram que a digestibilidade para os aminoácidos essenciais e para o nitrogênio foi maior na soja crua com baixo inibidor de tripsina comparada com a soja crua com alto teor de inibidor de tripsina, enquanto que o tratamento de calor promoveu um incremento na

digestibilidade de nitrogênio e aminoácidos essenciais para as duas variedades de soja estudadas.

Ao analisarem a composição de aminoácidos de soja provenientes de 4 períodos de autoclavagem (0, 20, 40 e 60 minutos), PARSONS et al. (1992) observaram uma redução no conteúdo de lisina, cisteína e, em menor extensão, arginina, à medida que o tempo de tratamento aumentou. O tempo de autoclavagem apresentou efeito marcante sobre a digestibilidade de lisina, em frangos de corte. Os autores levantam a hipótese de que produtos da reação de Maillard foram formados durante o processo de cozimento excessivo, através de reações entre lisina e oligossacarídeos, como rafinose e estaquiose, das quais a soja possui consideráveis quantidades.

FRIESEN et al. (1993) observaram uma interação entre extrusão e fonte de proteína. O aumento na digestibilidade aparente do nitrogênio foi maior para a soja crua com extrusão úmida do que para a soja tostada e concentrado de proteína da soja. A extrusão úmida aumentou a digestibilidade do nitrogênio para ambas as fontes de soja estudadas. A digestibilidade da proteína da soja crua foi menor do que a digestibilidade da proteína do concentrado de proteína de soja.

FRIESEN et al. (1993) compararam o farelo de soja não extrusado, com o farelo de soja extrusado (seca) e com o farelo de soja extrusado (úmida), na alimentação leitões desmamados. Eles observaram que a digestibilidade de nitrogênio foi semelhante para as três fontes. HEALY et al. (1990) já haviam observado resultado semelhante quando trabalharam com

soja de alta e baixa quantidade de inibidor de tripsina e diferentes tratamentos térmicos (extrusão ou não).

O coeficiente de digestibilidade da proteína bruta encontrada por MARTY e CHAVEZ (1993) na soja tostada foi de 80%.

VAN BARNEVELD et al. (1994a) utilizando suínos canulados na região do íleo, e usando ervilha, observaram que o tratamento térmico a 110°C aumentou a digestibilidade ileal da leucina, da isoleucina, da fenilalanina e da arginina. A lisina apresentou uma piora na digestibilidade ileal quando utilizado 165°C, por 30 minutos. Quando foi utilizada a coleta de fezes, parcial ou total, não foi verificada uma melhor digestibilidade de aminoácidos do tratamento térmico de 110°C, em relação ao ingrediente na forma crua. A aplicação de temperaturas mais elevadas causou um decréscimo linear significativo na digestibilidade dos aminoácidos, com exceção da prolina.

Segundo os autores (VAN BARNEVELD et al., 1994a), houve interação entre as digestibilidades fecal e ileal para todos os aminoácidos, com exceção do ácido aspártico e do ácido glutâmico. Sendo que os valores de digestibilidade fecal foram maiores do que os valores de digestibilidade ileal para todos os aminoácidos.

Segundo VAN BARNEVELD et al. (1994c), também trabalhando com ervilha, a aplicação de calor causa um decréscimo na disponibilidade de lisina.

VAN BARNEVELD et al. (1995), também trabalhando com ervilha, verificaram que 165°C causou um decréscimo significativo na digestibilidade ileal de nitrogênio e de todos aminoácidos, mas a digestibilidade ileal da matéria seca não foi afetada. Apesar de ter sido observado um aumento

significativo no consumo de N por suínos que receberam dietas com tratamentos de calor, houve um decréscimo na excreção total de N na urina. Porém, houve um aumento significativo no N excretado via fezes. O tratamento de calor causou um decréscimo significativo na utilização aparente da proteína.

2.12. Efeito do tipo e do nível de glicídios sobre a digestibilidade da proteína

O nível e o tipo de fibra influenciam a digestibilidade do nitrogênio e dos demais nutrientes da dieta, em função das propriedades específicas das fibras. Entre elas esta a de ligar-se a compostos eletricamente carregados (capacidade de troca catiônica), tornando-os indisponíveis a ação das enzimas e a formação de géis que localizam-se nas paredes do lúmen intestinal, diminuindo a capacidade de absorção de nutrientes naqueles órgãos do sistema digestivo.

PARTRIDGE et al. (1982a) verificaram redução significativa na digestibilidade da proteína, quando celulose foi adicionada à dieta de suínos. No entanto, a retenção de nitrogênio não foi afetada pela inclusão de celulose.

A inclusão de fibra à dieta resultou em decréscimo da digestibilidade ileal e fecal da matéria seca e da energia, como resultado da substituição de amido, fonte glicídica altamente digestível, pela celulose, fonte de baixa digestibilidade. Não foi verificado efeito da inclusão de fibra sobre a digestibilidade ileal da proteína. No entanto, a inclusão de fibra proporcionou um perda de digestibilidade fecal de energia, proteína e matéria seca (SAUER et al., 1991). Segundo aqueles autores, a porcentagem de nitrogênio de origem

bacteriana nas fezes variou entre 72,2 a 86,2%, dependendo da inclusão de fibra na dieta.

DE LANGE et al. (1989) trabalhando com suínos machos castrados, com peso corporal médio de 60 kg e dietas com diferentes fibras solúveis em água e observaram que a digestibilidade da matéria seca diminuiu, quando foi adicionada celulose, e aumentou a excreção de proteína endógena. Este efeito, esta associado a uma maior concentração de todos os aminoácidos recuperados nas fezes, com exceção da leucina, da metionina, da fenilalanina, da prolina e da tirosina.

A digestibilidade ileal da matéria seca diminui linearmente em função do aumento do nível de fibra, como resultado da substituição de amido por celulose (LI et al., 1994). Os autores não observaram efeito do nível de fibra sobre a digestibilidade ileal aparente da proteína, quando a celulose foi adicionada às dietas em níveis de 4,3 a 13,3%. Entretanto, a digestibilidade da matéria seca demonstrou um decréscimo linear, decorrente do aumento do nível de celulose. As digestibilidades da proteína e dos aminoácidos não foram afetadas pelos diferentes níveis de celulose adicionados. A digestibilidade da lisina variou entre 90,2 a 88,0%, quando houve inclusão de celulose de 4,3 até 13,3%. Os autores afirmam que a inclusão de fibras insolúveis na dieta não prejudica a digestibilidade do nitrogênio em suínos.

BACKER et al. (1995) verificaram que a inclusão de 320 g/kg de celulose ou 280 g/kg de casca de soja podem ser adicionadas à dieta sem problemas. A casca de soja foi adicionada à dietas com uma fonte glicídica facilmente fermentável. Entretanto, observaram uma redução na digestibilidade

de nitrogênio em suínos alimentados com dietas contendo celulose e casca de soja, em relação à dietas contendo apenas amido.

Utilizando suínos desmamados aos 28 dias de idade, com peso médio de 9,1 kg, GABERT et al. (1995) avaliaram o efeito da suplementação de oligossacarídeos sobre a digestibilidade de aminoácidos, sobre a população de bactérias e sobre a concentração de metabólitos de bactérias na digesta coletada ao nível de íleo. Não observaram efeito da suplementação das dietas com oligossacarídeos sobre a digestibilidade de aminoácidos e monossacarídeos.

2.13. Efeitos das diferentes fontes de soja na resposta imunológica dos suínos

HANCOCK et al. (1990b), estudando três diferentes tempos de tratamento de calor para a soja na função e na morfologia do intestino, encontraram maior tamanho de vilosidade para suínos alimentados com soja que recebeu extração com etanol e verificaram a existência de uma correlação com a taxa de crescimento dos suínos, concluindo que a extração com etanol aumenta a morfologia funcional do intestino. Também observaram que a forma das vilosidades (área/tamanho) não foi afetada pelos diferentes tratamentos, indicando uma hipertrofia celular, que segundo Newby et al. (1984), citados por HANCOCK et al. (1990b), é um sintoma de alergia gastrointestinal.

Li et al. (1990) verificaram que suínos alimentados com dietas contendo farelo de soja apresentaram, após injeção intradérmica, um menor ganho de peso, maior quantidade de Imunoglobulina G no soro e incremento

da espessura da prega da pele, quando comparados com suínos alimentados com leite desnatado seco e concentrado de proteína de soja.

LI et al. (1991a) estudaram os efeitos do farelo de soja (48% PB), soja extrusada, concentrado protéico de soja ou proteína isolada de soja, em suínos desmamados. Os animais receberam uma infusão oral destes ingredientes do 7^o ao 14^o dia de idade e, após o desmame, foram alimentados com dietas contendo estas mesmas fontes de proteína. Os autores observaram que suínos alimentados com dietas contendo farelo de soja apresentaram maior tamanho de vilosidade e maior profundidade de criptas no trato gastrintestinal, apresentando também um maior nível de Imunoglobulinas G no soro, específica para a proteína de soja. Os suínos tratados com farelo de soja e soja extrusada tiveram menor concentração de xilose no plasma sanguíneo.

LI et al. (1991b) estudaram o efeito da interrelação entre a hipersensibilidade à proteína de soja e o desempenho de suínos. Os autores concluíram que as trocas na morfologia do intestino delgado e as alterações nas respostas imunológicas estão relacionadas com o desempenho dos suínos nas primeiras 2 semanas após o desmame. O tamanho das vilosidades e o tamanho da prega de pele, após injeção intradermal das fontes protéicas, são resultados da ação das diferentes fontes de proteína de soja incluídas na dieta. Suínos que foram alimentados com farelo de soja (48% PB) apresentaram menor tamanho de vilosidades e maior quantidade de Imunoglobulina G no soro do que animais tratados com as demais fontes de proteína de soja (soja extrusada, concentrado de proteína de soja, concentrado de proteína de soja extrusado) e do leite desnatado seco. No mesmo trabalho foi verificado que os

suínos alimentados com leite desnatado seco tiveram menor troca na espessura da dobra de pele do que suínos que receberam diferentes fontes de proteína de soja, evidenciando uma resposta imunológica a proteína de soja.

FRIESEN et al. (1993a) concluíram que suínos alimentados com uma dieta à base de milho e farelo de soja, do dia 1^o ao 14^o e do 14^o ao 35^o de idade apresentaram menor desempenho pós-desmame, devido às respostas imunológicas desenvolvidas no organismo. No entanto, com o tempo os suínos jovens desenvolveram uma tolerância à proteína de soja, fato que acabou por determinar um incremento no desempenho dos animais.

Efeito depressivo da proteína de soja foi observado nas vilosidades duodenais de suínos na fase pós-desmame, alimentados com dietas que continham proteína de soja tostada ou crua, após o óleo ter sido extraído dos grãos e terem sido tratados com calor, sugerindo que o efeito imunológico tem uma resposta local às proteínas da soja (DRÉAU et al., 1994). Os autores também observaram hiperplasia celular nas paredes da mucosa duodenal de suínos alimentados com rações que continham uma mistura de soja tostada e soja crua na proporção de 9:1.

2.14. Peso dos órgãos viscerais

Estudos com ratos e aves têm demonstrado um aumento do pâncreas e do intestino (grosso e delgado) em função do uso de leguminosas integrais cruas, como soja, feijão e vigna (BONASPETTI, 1990; PUSZTAI et al., 1992; GE e MORGAN, 1993). Isto foi devido a resposta a um alto conteúdo de inibidores de tripsina nas leguminosas.

HUISMAN e TOLMAN (1992) observaram que a inativação da tripsina no intestino induz as células endócrinas da mucosa intestinal a produzir maior quantidade do hormônio colecistoquinina-pancreozimina (CCK-PZ), que estimula o pâncreas a produzir maiores quantidades de zimogênios e enzimas digestivas (tripsinogênio, quimiotripsinogênio, amilase e elastase). Devido ao aumento na produção enzimática, o peso relativo do pâncreas aumenta, em espécies animais pequenas, causado pela hiperplasia e a hipertrofia. Hipertrofia e hiperplasia não são observadas em suínos, cães e bovinos

RACKIS (1965) observou, que em ratos, para ocorrer a máxima inibição de crescimento foi necessário 0,9% de atividade de inibidor de tripsina na dieta, em dietas contendo 14% de proteína bruta. Já, para a máxima hipertrofia pancreática uma atividade de inibidor de 0,7% foi necessária e causou pequenos decréscimos no ganho de peso dos animais.

GRANT et al. (1995) verificaram que ratos alimentados com soja crua utilizaram a dieta com pouca eficiência e ganharam peso mais lentamente, do que os animais controle. Em animais que receberam soja crua durante 700 dias, foi observado o desenvolvimento de nódulos no pâncreas,.

Por outro lado, MAKKINK et al. (1994) não observaram alteração no peso do intestino em suínos, quando os animais foram tratados aos 28 dias de idade com leite em pó, farinha de peixe, farelo de soja e concentrado de proteína de soja. No entanto, as diferentes fontes de proteína alteraram o peso do pâncreas. Os pesos maiores foram observados em suínos alimentados com farinha de peixe e concentrado de proteína de soja, no terceiro dia pós-desmame. Já, ao décimo dia após o desmame não foram observadas

diferenças, quanto ao peso do pâncreas, evidenciando uma adaptação dos animais à proteína de origem vegetal.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Grãos de soja e tratamento térmico

Os grãos de soja de um lote de 1500 kg, foram subdivididos em três amostras de 500kg. As três quantidades de grão de soja foram submetidas aos diferentes tratamentos térmicos propostos, soja crua, soja autoclavada em tempo normal e soja autoclavada pelo dobro do tempo. Para a autoclavagem, foi utilizado uma autoclave industrial, fabricada pela AVIPAL S. A.

O processo de autoclavagem em tempo normal foi constituído por três períodos. O primeiro período com duração de 7 minutos, foi necessário para elevar a pressão do tostador a 15 libras/cm². No segundo período, com duração de 12 minutos, os grão de soja receberam vapor de forma direta. No terceiro período, também de 12 minutos, os grãos de soja receberam calor de forma indireta.

O grão de soja submetido à autoclavagem pelo dobro do tempo recebeu o tratamento normal e a seguir, após o resfriamento, foi submetido novamente ao tratamento térmico normal, conforme descrito no parágrafo anterior.

Os grãos de soja provenientes dos diferentes tratamentos térmicos foram analisados quanto a umidade, nitrogênio total, proteína solúvel, gordura bruta, índice de peróxido, urease e energia bruta (Tabela 1).

Tabela 1- Composição bromatológica dos grãos de soja submetidos aos diferentes tratamentos térmicos

Análise	Unidade	Tratamento Térmico		
		Crua	Autoclavada	Autoclavada Dobro Tempo
Umidade	%	11,7	11,1	9,5
Proteína Bruta	%	36,1	36,0	36,3
Proteína Solúvel	%	89,5	78,1	69,0
Gordura Bruta	%	20,6	20,4	20,9
Índice de Peróxido	mEq/kg	0,00	0,00	0,00
Urease	Δ pH	1,98	0,04	0,02
Energia Bruta	kcal/kg	5151	5187	5294
Energia Bruta (MS)	kcal/kg	5835	5833	5848

MS= matéria seca

3.2. Determinação de energia bruta

A energia bruta foi determinada nas amostras de ração e nas fezes em bomba calorimétrica Parr, modelo 1241, com controlador calorimétrico Parr 1720 (Parr, Inc. Illinois, USA), utilizando o método adiabático.

3.3. Solubilidade protéica

Para a determinação da solubilidade protéica foi pesada precisamente uma amostra, finamente moída dos grãos de soja, de aproximadamente 2,0 gramas e colocada em erlemmeyer de 250 mL. Foi adicionado 100 mL de hidróxido de potássio 0,3% a amostra. O erlemmeyer com a amostra e a solução de hidróxido de potássio foi colocada em agitador magnético por um período de 30 minutos. O sobrenadante foi decantado em centrífuga (10 minutos a 2700 rpm). Uma alíquota de 25 mL do sobrenadante foi extraída e colocada em balão de kjedhal para a determinação da proteína solúvel. A solubilidade da proteína foi determinada de acordo com a seguinte fórmula:

Solubilidade protéica = (Proteína solúvel/Proteína bruta)X100

3.4. Atividade ureática

As amostras dos grãos de soja foram moídas. Foram preparados 2 tubos de ensaio para cada amostra, conforma segue: no tubo 1, prova em branco, foi adicionado 0,2 g de amostra moída e adicionou-se 10 mL de solução 0,05 M de fosfato. Esta mistura foi misturada pela inversão do tubo. A seguir a mistura foi colocada em banho-maria à 25°C por 30 minutos. No tubo 2, amostra ensaio, foram colocadas 0,2g de amostra a qual juntou-se 10 mL da solução tampão de uréia e conforme o tubo anterior foi misturado e colocado em banho-maria.

A cada 5 minutos o conteúdo dos tubos foi agitado. Após 30 minutos o conteúdo de cada tubo teve o seu pH determinado em potenciômetro. Ao determinar o pH foi verificada a cor da solução, se âmbar, rósea ou vermelha. Entre a preparação de um tubo e outro foi verificado o intervalo de 5 minutos.

3.5. Análise proximal

A análise proximal de matéria seca, proteína e gordura bruta das amostras de soja, rações e fezes foram realizadas de acordo com as recomendações do AOAC (1984).

A matéria seca das amostras de ração foi determinada em estufa de ar forçado a 105°C.

A matéria seca das fezes foi inicialmente determinada a 60°C, em estufa de ar forçado. Uma amostra da fezes seca a 60°C foi então submetida ao processo de secagem em estufa de ar forçado a 105°.

O nitrogênio nas rações experimentais e nas fezes (secas a 60°C) foi determinado pelo método de Kjeldhal.

3.6. Experimento 1

O experimento 1 foi realizado com o objetivo de verificar o efeito do tempo de autoclavagem do grão de soja integral sobre a disponibilidade do nitrogênio e da energia; avaliar o efeito do nível de lisina na disponibilidade do nitrogênio e da energia.

As análises laboratoriais de nitrogênio total, gordura bruta e umidade do grão de soja, das rações experimentais e das fezes foram realizadas na NUTRON Alimentos LTDA., Campinas, São Paulo. As análises de energia bruta foram realizadas no laboratório Prof. Dulphe Pinheiro Machado, da Faculdade de Agronomia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

3.6.1. Dietas experimentais

Foram utilizadas 6 dietas, à base de amido de milho e grão de soja integral. Foram empregadas a soja integral crua (**SIC**), a soja integral autoclavada (**SIA**) e a soja integral autoclavada dobro tempo (**SIAD**).

As dietas experimentais continham dois níveis de inclusão de soja para atingir os níveis de lisina (**LIS**) de 85 % e 100 % da exigência deste

aminoácido, tendo como base as exigências do NRC (1988) para suínos na faixa de peso corporal entre 20 a 50 kg e foram denominadas, respectivamente de 85% Lis e 100% Lis.

A composição calculada dos ingredientes das dietas está apresentada na Tabela 4. As composições nutricionais calculada e determinada das dietas está apresentada na Tabela 5.

As dietas foram elaboradas de acordo com o esquema fatorial 2* 3, sendo o fator 1 nível de Lisina (85 e 100% das exigências do NRC,1988) e o fator 2 tratamento térmico (soja crua, soja autoclavada e soja autoclavada dobro tempo), totalizando os 6 tratamentos descritos a seguir:

T1= 85% Lis * Soja Integral Crua

T2= 85% Lis * Soja Integral Autoclavada

T3= 85% Lis * Soja Integral Autoclavada Dobro do Tempo

T4= 100% Lis * Soja Integral Crua

T5= 100% Lis * Soja Integral Autoclavada

T6= 100% Lis * Soja Integral Autoclavada Dobro do Tempo

Tabela 2- Composição das dietas experimentais

Ingrediente		Ração	
		85% LIS	100% LIS
Amido de milho	(%)	66,24	60,44
Soja Integral	(%)	28,44	33,34
Celulose	(%)	3,05	4,00
Fosfato bicálcico	(%)	0,91	0,87
Farinha de ostras	(%)	0,86	0,85
Sal comum	(%)	0,35	0,35
Suplemento mineral ¹	(%)	0,10	0,10
Suplemento vitaminas ²	(%)	0,05	0,05
Total	(%)	100	100

¹Suplemento mineral: sulfato de ferro (60000 mg/kg), sulfato/óxido de zinco (100000 mg/kg), sulfato de manganês (40000 mg/kg), sulfato de cobre (10000 mg/kg), iodato de cálcio (150 mg/kg), selênio de sódio (200 mg/kg)

²Suplemento vitaminas: A (10000000 UI/kg), D₃ (2000000 UI/kg), E (20000 mg/kg), K₃ (2000 mg/kg), B₂ (6000 mg/kg), B₁₂ (30 mg/kg), Ácido Pantotênico (16000 mg/kg), Niacina (30000 mg/kg), Biotina (100 mg/kg).

Tabela 3- Composição nutricional das dietas (Experimento 1).

Nutriente		Ração	
		85% LIS	100% LIS
Energia Digestível [*]	(kcal/kg)	3400	3400
Proteína bruta [*]	(%)	10,57	12,30
Proteína Bruta ^{**}	(%) _{SIC}	10,14	11,87
Proteína Bruta ^{**}	(%) _{SIA}	10,48	12,01
Proteína Bruta ^{**}	(%) _{SIAD}	10,70	11,75
Lisina [*]	(%)	0,64	0,75
Metionina [*]	(%)	0,13	0,16
Cisteína [*]	(%)	0,16	0,18
Metionina + Cisteína [*]	(%)	0,29	0,34
Treonina [*]	(%)	0,39	0,47
Cálcio [*]	(%)	0,60	0,60
Cálcio ^{**}	(%)	0,68	0,68
Fósforo disponível [*]	(%)	0,23	0,23
Sódio [*]	(%)	0,15	0,15

* calculado

** determinado

3.6.2. Período experimental

O experimento 1 iniciou no 14 de agosto de 1995 e terminou no dia 22 de agosto de 1995.

3.6.3. Instalações

O experimento 1 foi realizado na sala de digestibilidade do galpão de suínos, do Laboratório de Ensino Zootécnico Prof. Geraldo Velloso Nunes Vieira, da Faculdade de Agronomia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

Os animais foram mantidos em gaiolas metabólicas de metal (1,50 m * 0,80 m) com comedouro (0,20 m de diâmetro) e bebedouro tipo concha.

3.6.4. Animais experimentais

Foram utilizados 18 suínos machos castrados, híbridos, da linhagem PIC AGROCERES, provenientes da granja de produção de suínos da AVIPAL S.A., localizada no município de Viamão, RS.

O peso corporal médio inicial dos animais experimentais foi de 16,4 kg (\pm 1,00). Os pesos individuais dos animais do experimento 1 estão apresentados no apêndice 1.

3.6.5. Manejo dos animais experimentais

Os animais, logo que trazidos às instalações, foram colocados em gaiolas de metabolismo e passaram a primeira noite sem receber ração e com água à vontade.

Foi observado um período de 3 dias de adaptação às gaiolas e à dieta. Durante o período de adaptação, foram fornecidas 1900 gramas (NRC, 1988) de ração experimental à base de amido de milho, soja integral, divididas em 2 partes iguais, para cada animal, fornecidas às 8:30 da manhã e às 16:30 da tarde.

No final do período de adaptação, os animais foram pesados pela manhã, divididos em três faixas de peso e os tratamentos experimentais foram distribuídos, de acordo com as faixas de peso. A oferta de ração no período experimental foi na quantidade de 1900 gramas (NRC, 1988) divididas em duas porções iguais às 8:30 e às 16:30 horas.

A água foi fornecida à vontade através de bebedouros tipo concha.

3.6.6. Coleta do material experimental

3.6.6.1. Rações experimentais

No início do período experimental foram coletadas amostras individuais das rações experimentais, armazenadas em sacos plásticos e congeladas a -14°C , para posteriormente serem realizadas as respectivas análises de laboratório.

3.6.6.2. Fezes

Foi utilizado como marcador fecal indigestível, o óxido férrico (Fe_2O_3), na proporção de 0,5%, misturado de forma homogênea às rações fornecidas a cada animal.

No primeiro dia do período experimental, a mistura de ração com o marcador foi fornecida aos animais pela manhã. As sobras de ração presentes no comedouro foram removidas. As demais refeições, até o quinto dia, não continham marcador fecal. No quinto dia foi novamente fornecida ração contendo a mistura com marcador fecal, na mesma proporção utilizada no primeiro dia do período experimental.

A coleta de fezes referente a ração fornecida no primeiro dia iniciou quando o material fecal do suíno apresentou coloração vermelha homogênea. A partir desta coleta as demais foram realizadas em períodos de 12 horas.

As fezes foram pesadas, homogeneizadas e retirada uma amostra de 10%, referente a cada período de coleta. As amostras diárias foram armazenadas em sacos plásticos e congeladas em câmara frigorífica, a temperatura de -14°C .

Na manhã do quinto dia os animais receberam ração com 0.5% de óxido férrico. A coleta de fezes foi interrompida após todas as fezes vermelhas e homogêneas, correspondentes a ração do quinto dia, serem recolhidas

Na parte frontal das gaiolas foi colocada uma armação de madeira, retangular, com uma tela de material poroso, com a finalidade de coletar eventuais perdas de ração. Abaixo desta armação de madeira foi mantida uma chapa metálica, para evitar que perdas de água e de ração se misturassem a urina produzida.

O total do material fecal foi coletado em uma caixa plástica posicionada na porção posterior das gaiolas.

3.6.6.3. Sobras de ração

As sobras de ração foram recolhidas diariamente, antes de ser oferecido o alimento do dia. As sobras foram recolhidas dos comedouros e da tela de material poroso.

As sobras recolhidas diariamente foram pesadas, armazenadas em sacos plásticos e congeladas a -14°C para posteriormente serem preparadas para a análise de matéria seca em laboratório. A matéria seca das sobras foi utilizada para o cálculo do consumo.

3.6.7. Delineamento experimental e análise estatística

O experimento 1 foi realizado em delineamento completamente casualizado, em um arranjo fatorial 3×2 . O fator 1 foi tratamento térmico dos grãos de soja e o fator 2 foi nível de lisina. Os animais foram arranjados de acordo com o peso corporal e as dietas distribuídas de acordo com as faixas de peso. A unidade experimental foi constituída por animal individual, colocado na gaiola metabólica.

Foram realizadas as análises de variância segundo o modelo estatístico

$Y_{ijk} = \mu + L_i + TC_j + LTC_{ij} + \varepsilon_{ijk}$; onde

Y = resposta observada no nível de lisina i , no tratamento de calor j , na interação ij dos níveis de lisina e tratamento de calor com o erro experimental aleatório k ;

X = média geral;

L = nível de lisina (i);

TC = tratamento de calor da soja (j);

LTC = interação entre o nível i de lisina e o nível j de tratamento de calor da soja;

ε = erro experimental aleatório (k).

3.7. Experimento 2

O experimento 2 foi realizado com o objetivo de verificar o efeito da suplementação de aminoácidos a dietas calculadas com base na lisina e o efeito da autoclavagem sobre a digestibilidade do nitrogênio e da energia em suínos.

O experimento 2 foi conduzido nas instalações do Laboratório de Ensino Zootécnico Prof. Geraldo Velloso Nunes Vieira, LEZO, da Faculdade de Agronomia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

As análises de umidade, nitrogênio total, gordura bruta das rações experimentais e das fezes, bem como as análises de cálcio e fósforo das rações experimentais foram realizadas no laboratório da NUTRON alimentos LTDA, Campinas, SP.

As análises de energia bruta das rações experimentais e das fezes foram realizadas no laboratório Prof. Dulphe Pinheiro Machado, da Faculdade de Agronomia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

3.7.1. Dietas experimentais

Foram utilizadas 18 dietas, à base de amido de milho e grão de soja integral tostado no tempo normal (**SIA**) e tostado o dobro tempo (**SIAD**), provenientes do mesmo lote de grãos de soja utilizado no experimento 1.

As dietas experimentais foram calculadas para conter 80%, 100% e 120% das exigências de lisina (**LIS**) conforme o NRC (1988) para a fase compreendida entre 20 e 50 kg de peso corporal, de acordo com a inclusão de soja e os aminoácidos treonina (**THR**) e metionina (**MET**) foram suplementados

conforme as recomendações da Proteína Ideal proposta por PARSONS e BACKER (1994).

Minerais e vitaminas foram suplementados na forma de suplemento vitamínico e mineral, fornecido pela AVIPAL S.A, de forma a suprir ou exceder as exigências do NRC (1988).

As composições das rações basais de SIA e SIAD estão apresentadas na Tabela 6. As composições nutricionais calculada e obtida, das dietas basais de SIA e SIAD estão apresentadas na Tabela 7. As composições nutricionais, calculada e obtida das dietas suplementadas com aminoácidos está apresentada na Tabela 8. Os níveis obtidos de proteína, lisina, metionina e treonina das dietas suplementadas estão apresentados na Tabela 9.

Desta forma foram elaborados os seguintes tratamentos, seguindo um esquema fatorial $2^* 3^* 3$. Sendo o fator 1 Tratamento Térmico (2), o fator 2 níveis de Lisina (3), o fator 3 suplementação de Aminoácidos (3), totalizando os 18 tratamentos descritos a seguir:

T1= 80% Lis, Soja Integral Autoclavada;

T2= 80% Lis, Soja Integral Autoclavada, suplementada com Metionina;

T3= 80% Lis, Soja Integral Autoclavada, suplementada com Treonina;

- T4= 80% Lis, Soja Integral Autoclavada Dobro do Tempo;**
- T5= 80% Lis, Soja Integral Autoclavada Dobro do Tempo, suplementada com Metionina;**
- T6= 80% Lis, Soja Integral Autoclavada Dobro do Tempo, suplementada com Treonina;**
- T7= 100% Lis, Soja Integral Autoclavada;**
- T8= 100% Lis, Soja Integral Autoclavada, suplementada com Metionina;**
- T9= 100% Lis, Soja Integral Autoclavada, suplementada com Treonina;**
- T10= 100% Lis, Soja Integral Autoclavada Dobro do Tempo;**
- T11= 100% Lis, Soja Integral Autoclavada Dobro do Tempo, suplementada com Metionina;**
- T12= 100% Lis, Soja Integral Autoclavada Dobro do Tempo, suplementada com Treonina;**
- T13= 120% Lis, Soja Integral Autoclavada;**
- T14= 120% Lis, Soja Integral Autoclavada, suplementada com Metionina;**
- T15= 120% Lis, Soja Integral Autoclavada, suplementada com Treonina;**
- T16= 120% Lis Soja Integral Autoclavada Dobro do Tempo;**
- T17= 120% Lis, Soja Integral Autoclavada Dobro do Tempo, suplementada com Metionina;**
- T18= 120% Lis, Soja Integral Autoclavada Dobro do Tempo, suplementada com Treonina;**

Tabela 4- Composição das dietas (Experimento 2).

Ingrediente		Nível de Lisina					
		80% LIS		100% LIS		120% LIS	
Amido de milho	(%)	68,35		60,44		52,53	
Soja Integral	(%)	26,67		33,34		40,00	
Celulose	(%)	2,68		4,00		5,32	
Fosfato bicálcico	(%)	0,93		0,87		0,81	
Farinha de ostras	(%)	0,86		0,85		0,84	
Sal comum	(%)	0,36		0,35		0,35	
Premix mineral *	(%)	0,10		0,10		0,10	
Premix vitaminas **	(%)	0,05		0,05		0,05	
Total		100		100		100	
Metionina	(%)	0,06 ¹	0,00 ¹	0,07 ¹	0,00 ¹	0,09 ¹	0,00 ¹
Treonina	(%)	0,00 ²	0,03 ²	0,00 ²	0,03 ²	0,00 ²	0,04 ²

*Suplemento mineral: sulfato de ferro (60000 mg/kg), sulfato/óxido de zinco (100000 mg/kg), sulfato de manganês (40000 mg/kg), sulfato de cobre (10000 mg/kg), iodato de cálcio (150 mg/kg), selênio de sódio (200 mg/kg)

**Suplemento vitaminas: A (10000000 UI/kg), D₃ (2000000 UI/kg), E (20000 mg/kg), K₃ (2000 mg/kg), B₂ (6000 mg/kg), B₁₂ (30 mg/kg), Ácido Pantotênico (16000 mg/kg), Niacina (30000 mg/kg), Biotina (100 mg/kg).

¹ Suplementação de metionina

² Suplementação de treonina

Tabela 5- Composição nutricional, calculada e determinada das dietas (Experimento 2).

Nutriente		Nível de Lisina					
		80% LIS		100% LIS		120% LIS	
Energia digestível*	(kcal/kg)	3400		3400		3400	
Proteína bruta*	(%)	10,57		12,30		14,60	
Proteína Bruta**	(%) _{STDT}	11,65		15,26		16,44	
Proteína Bruta**	(%) _{STN}	9,37		13,16		15,51	
Lisina*	(%)	0,60		0,75		0,90	
Metionina*	(%)	0,13		0,16		0,18	
Metionina + Cisteína	(%)	0,27		0,34		0,41	
Treonina*	(%)	0,38		0,49		0,57	
Cálcio*	(%)	0,60		0,60		0,60	
Cálcio**	(%)	0,68		0,79		0,81	
Fósforo disponível*	(%)	0,23		0,23		0,23	
Sódio*	(%)	0,15		0,15		0,15	
Lisina ¹	(%)	0,60	0,60	0,75	0,75	0,90	0,90
Metionina ¹	(%)	0,18	0,13	0,23	0,16	0,27	0,18
Treonina ¹	(%)	0,38	0,40	0,49	0,50	0,57	0,60
Lis: Met		0,30	0,22	0,30	0,20	0,30	0,20
Lis: Thr		0,63	0,67	0,65	0,67	0,63	0,67

*calculada, **determinada

¹Dietas suplementadas

3.7.2. Período experimental

O experimento 2 foi conduzido em duas fases, em função do número de tratamentos e da disponibilidade de gaiolas metabólicas existentes.

A primeira fase iniciou no dia 6 de outubro de 1995 e terminou no dia 17 de outubro de 1995. A segunda fase experimental foi iniciada logo após o encerramento da primeira fase, no dia 18 de outubro e terminou no dia 26 de outubro de 1995.

3.7.3. Instalações

O experimento 2 foi conduzido nas instalações de energia metabolizável de suínos, conforme detalhado na seção 3.6.3.

3.7.4. Animais experimentais

Foram utilizados 18 suínos machos castrados, híbridos PIC AGROCERES, provenientes da granja de produção de suínos da AVIPAL S.A., localizada no município de Viamão, RS.

O peso corporal médio inicial dos animais na primeira fase foi de 17,5 kg (± 2) e de 20,6 kg (± 2) na segunda fase.

Os pesos individuais dos animais nas fases 1 e 2 do experimento 2 estão apresentados nos apêndices 25 e 26.

3.7.5. Manejo dos animais experimentais

Os animais foram colocados nas gaiolas metabólicas e passaram as primeiras 12 horas sem receber alimento e com água à vontade.

Foi observado um período de 3 dias de adaptação às gaiolas metabólicas e ao alimento.

A ração experimental foi administrada em dois períodos, pela manhã, às 8:30 e à tarde, às 16:30 horas. A quantidade de ração ofertada diariamente foi calculada em função do peso corporal metabólico (**PM**), e considerada como 3 vezes a exigência de energia de manutenção (NRC, 1988), segundo a fórmula:

$$\text{Oferta (kg/dia)} = (3 * 110 * \text{PM}^{0,75}) / \text{ED}_{\text{DIETA}}$$

Ao final do período de adaptação os animais foram pesados, as gaiolas foram limpas, sendo retiradas eventuais sobras de ração e de fezes do período de adaptação e foram distribuídas as rações experimentais.

Foi fornecida a metade da ração pela manhã e metade pela tarde, misturadas com 0,5% de óxido de ferro (Fe_2O_3), utilizado como marcador fecal.

A ração experimental foi fornecida até o quinto dia do período experimental sem a presença de marcador. No quinto dia pela manhã e a tarde foi fornecida novamente ração experimental com a mistura de óxido de ferro (Fe_2O_3).

Ao final do período experimental os animais foram pesados e retornaram as gaiolas experimentais. Este peso foi considerado como o peso inicial da fase 2 com a finalidade de diminuir o estresse dos animais.

Ao final deste período os animais foram novamente distribuídos, de forma aleatória entre os 18 tratamentos e foi mantido um novo período de 3 dias de adaptação antes de iniciar o fornecimento de ração experimental.

O mesmo procedimento empregado na fase 1 foi utilizado na condução da fase 2.

3.7.6. Coleta do material experimental

A coleta do material experimental foi feita de acordo com o que foi descrito no item 3.6.6.

3.7.7. Delineamento experimental e análise estatística

O experimento 2 foi realizado em delineamento em blocos completamente casualizados, em arranjo fatorial 2*3*3, sendo o fator 1 tratamento térmico do grão de soja (Autoclavado e Autoclavado Dobro Tempo), o fator 2 nível de lisina (80, 100 e 120% das exigências do NRC (1988)) e o fator 3 suplementação de aminoácidos (nenhuma, metionina ou treonina). A unidade experimental foi constituída pelo animal individual, colocado na gaiola metabólica.

Foram realizadas as análises de variância, segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijklm} = X + P_i + TC_j + L_k + AA_{ij} + TCL_{ij} + TCAA + LAA + TCIAA_{ijk} + \epsilon_{ijklm}, \text{ onde}$$

Y= resposta observada no nível de lisina i, no tratamento de calor j, na interação ij dos níveis de lisina e tratamento de calor com o erro experimental k

X= média geral;

TC= tratamento de calor da soja (l)

L= nível de lisina (j)

TCL= interação entre o nível (j) de lisina e o nível (i) de tratamento de calor da soja

AA= nível de suplementação de aminoácido (k)

TCAA= interação do nível i de tratamento de calor, do nível j de lisina, do nível k de aminoácido

P= período experimental (l)

TCLAA= interação entre nível i de tratamento de calor, nível j de lisina, nível de k de aminoácido .

ε = erro experimental (m).

3.8. Preparo das amostras para análise

3.8.1. Rações experimentais

As rações experimentais foram descongeladas em temperatura ambiente e homogeneizadas. Posteriormente foram enviadas para o laboratório.

3.8.2. Fezes

No final do período de coleta as fezes foram descongeladas em temperatura ambiente, homogeneizadas em “pool”, individualizadas por animal, e uma amostra de aproximadamente de 100 gramas foi colocada em estufa de ar forçado, à 60°C, por um período de 48 horas. Após às 48 horas foram retiradas e pesadas, armazenadas em sacos plásticos e encaminhadas ao laboratório onde foram moídas em peneira de 1 mm de diâmetro e acondicionadas em saco plástico.

3.9. Determinações experimentais

3.9.1. Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca

$$\text{CDMS(\%)} = \frac{(\text{MS}_{\text{ingerida}} - \text{MS}_{\text{fecal}})}{\text{MS}_{\text{ingerida}}} * 100$$

3.9.2. Coeficiente de digestibilidade aparente da energia

$$\text{CDEB}(\%) = \frac{(\text{EB}_{\text{ingerida}} - \text{EB}_{\text{fecal}})}{\text{EB}_{\text{ingerida}}} * 100$$

3.9.3. Energia digestível da dieta

$$\text{ED}(\text{kcal}) = \frac{(\text{EB}_{\text{ração}}/\text{kg} * \text{CDEB})}{100}$$

3.9.4. Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína

$$\text{CDPB}(\%) = \frac{(\text{PB}_{\text{ingerida}} - \text{PB}_{\text{fecal}})}{\text{PB}_{\text{ingerida}}} * 100$$

3.9.5. Consumo de proteína

$$\text{CPB}(\text{g}) = \frac{\text{Consumo Ração} * \text{PB}_{\text{ração}}}{100}$$

3.9.6. Consumo de energia bruta

$$\text{CEB(kcal)} = \frac{\text{Consumo Ração} * \text{EB}_{\text{ração}}}{100}$$

3.9.7. Consumo de matéria seca

$$\text{CMS(g)} = \frac{\text{Consumo Ração} * \text{MS}_{\text{ração}}}{100}$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento1

4.1.1. Ganho de peso

Os valores individuais de peso inicial, peso final e ganho de peso dos animais do Experimento 1 estão apresentados no apêndice 1 e os resultados de ganho de peso estão apresentados nas Figuras 1 e 2.

O quadro de análise de variância esta apresentado no apêndice 2 e o teste de Tukey de médias para ganho de peso na Tabela 6.

Tabela 6 - Teste de médias de Tukey para ganho de peso (g)

Lisina	Tratamento Térmico Soja			
	Crua	Tostada	Dobro Tempo	
85%NRC	1333	2833	2500	2222 b B
100%NRC	2167	3767	3900	3278 a A
	1750 b B	3300 a A	3200 a AB	

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre si ao nível de significância de 1%. Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%

DMS 5% Tratamento Térmico = 1121

DMS 5% Lisina(%) = 748

DMS 1% Tratamento Térmico = 1502

DMS 1% Lisina(%) = 1049

Não foi observada interação significativa entre os fatores tratamento térmico e nível de lisina sobre o ganho de peso. O ganho de peso foi afetado pelo Tratamento Térmico da soja ($P > 0,004$) e pelo nível de Lisina (% NRC) da dieta ($P > 0,009$).

Os animais consumindo dietas contendo soja autoclavada apresentaram ganhos de peso superiores aos animais consumindo dietas contendo soja crua. As respostas de ganho de peso dos animais, consumindo soja autoclavada dobro do tempo não foram diferentes em relação aos animais que receberam dietas contendo soja autoclavada (Tukey 1%). O ganho de peso foi inferior nas dietas contendo 80% das exigências de lisina em relação as dietas contendo 100% das exigências (NRC 1988), pelo teste de médias de Tukey (1%).

Os dados de desempenho obtidos são concordantes com os observados por LIENER et al. (1989) que observaram um prejuízo no crescimento de suínos alimentados com grãos de soja crua. Este efeito pode ser causado pela depressão de consumo associado a um efeito prejudicial causado pelos inibidores de proteases, conforme observado por HERKELMAN (1992), RODHOUSE et al. (1992).

Os resultados obtidos em relação a soja autoclavada dobro do tempo, estão de acordo com os obtidos por SEERLEY et al. (1974) que também observaram uma necessidade de aumento de consumo pelos suínos alimentados com soja sobreprocessada em relação a soja processada pelo tempo normal. Estes resultados demonstram o efeito de perda de disponibilidade da proteína decorrente do aumento de calor, conforme observado por vários autores como VAN BARNEVELD (1994a; 1994b; 1994c; 1995).

4.1.2. Consumo de alimento

As quantidades de oferta diária e oferta total de ração no período experimental estão apresentadas no apêndice 3. As quantidades individuais das sobras diárias de ração estão apresentados no apêndice 4.

Os valores individuais para consumo de matéria seca, consumo de proteína bruta, consumo de energia bruta estão apresentados no Apêndice 5. Os quadros de análise de variância estão apresentados nos Apêndices 6 a 8 e o Teste de Tukey de médias para consumo nas Tabelas 7, 8 e 9.

Tabela 7- Teste de médias de Tukey para a variável consumo de matéria seca (g).

Lisina	Tratamento Térmico Soja			
	Crua	Autoclavada	Dobro Tempo	
80%NRC	4307	4658	4854	4606 a A
100%NRC	4143	5006	5258	4802 a A
	4225 b B	4832 a AB	5056 a A	

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre si ao nível de significância de 1%. Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%
DMS 5% Tratamento Térmico = 569 DMS 5%_{Lisina (%)} = 379
DMS 1% Tratamento Térmico = 762 DMS 1%_{Lisina (%)} = 532

Foi observada uma influência do tratamento térmico ($P < 0,006$) sobre o consumo de matéria seca. Foi evidenciado um aumento de consumo de matéria seca pelos animais recebendo as rações contendo soja autoclavada em ambos os tempos de autoclavagem, comparados aos suínos que receberam as dietas à base de soja crua. Não houve diferença estatística entre os dois grupos que receberam dietas à base de soja autoclavada, mas o consumo médio do grupo que recebeu dieta com soja excessivamente autoclavada foi superior. O maior consumo observado nos suínos consumindo soja autoclavada dobro tempo pode ser evidência de perda de disponibilidade

de aminoácidos, em função do tratamento térmico e a busca, pelo animal de manter um adequado suprimento de aminoácidos, através do aumento de consumo. Não foi verificado efeito de nível de lisina, nem interação significativa entre os fatores sobre o consumo de matéria seca. A resposta para consumo de MS, para efeito de tratamento térmico está apresentada na Figura 3.

A resposta de rejeição de consumo para a soja crua observada neste experimento é concordante com a obtida por CRENSHAW e DANIELSON (1985), sendo contraditória em relação ao observado por COOK et al. (1988), que utilizaram soja crua com suínos em crescimento.

Com relação ao consumo da soja sobre autoclavada, HANSEN et al. (1987) também observaram diferença de consumo desta em relação ao consumo de dietas contendo soja autoclavada normal, discordando dos dados obtidos neste experimento.

Os dados obtidos demonstram que ocorreu um sobreconsumo pelos suínos que receberam as dietas contendo soja autoclavada dobro do tempo em relação aos suínos que receberam dietas contendo soja autoclavada. Isto provavelmente ocorre em função de prejuízos causados pelo calor a disponibilidade de aminoácidos, como lisina e metionina, conforme demonstraram BATTERHAM et al. (1992) e VAN BARNEVELD (1994a e 1994b).

Tabela 8- Teste de médias de Tukey para a variável consumo de proteína bruta (g).

Lisina	Tratamento Térmico Soja		
	Crua	Autoclavada	Dobro Tempo

80%NRC	437	488	519	481 b B
100%NRC	492	602	618	570 a A
	464 b B	545 a AB	568 a A	
Médias seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre si ao nível de significância de 1%.				
Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%				
DMS 5% Tratamento Térmico = 65		DMS 5% _{Lisina (%)} = 43		
DMS 1% Tratamento Térmico = 87		DMS 1% _{Lisina (%)} = 61		

Foi observado efeito do nível de proteína (P <0,001) e do tratamento térmico (P<0,003) sobre consumo de proteína bruta. Não houve interação significativa entre o tratamento térmico e o nível de lisina sobre o consumo de proteína bruta.

Os animais que receberam dietas com 100% das exigências de lisina (NRC, 1988) apresentaram consumo de proteína superior em relação aos animais que consumiram as dietas contendo 85% da exigência de lisina (NRC, 1988).

Foi observado que os suínos recebendo as dietas contendo soja autoclavada e autoclavada pelo dobro do tempo apresentaram um consumo de proteína superior em relação aos animais que receberam as dietas contendo soja crua.

Estes efeitos demonstram que houve um maior efeito do consumo de energia na regulação do consumo de alimento pelos animais do que o efeito da proteína, sendo que em relação ao tratamento térmico houve efeito da soja crua sobre o consumo, possivelmente devido ao efeito da sobra de aminoácidos e peptídios por ação da tripsina, prejudicando o processo de digestão, absorção e promovendo a liberação de CCK a nível de duodeno. O CCK atua sobre o FCS e o estômago promovendo a perda de apetite, conforme UVNÄS-MOBERG (1990) e READ et al (1994).

Tabela 9- Teste de médias de Tukey para a variável consumo de energia bruta (kcal).

Lisina	Tratamento Térmico Soja			
	Crua	Autoclavada	Dobro Tempo	
80%NRC	19421	20995	21422	20613 a A
100%NRC	18166	22937	23127	21410 a A
	18794 b B	21966 a AB	22274 a A	

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre si ao nível de significância de 1%. Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%
DMS 5% Tratamento Térmico = 2534 DMS 5%_{Lisina (%)} = 1690
DMS 1% Tratamento Térmico = 3394 DMS 1%_{Lisina (%)} = 2371

Foi observado efeito do tratamento térmico ($P=0,005$) sobre o consumo de energia bruta. Não foi observado efeito do nível de lisina ($P=0,3$) e interação entre tratamento térmico e nível de lisina sobre o consumo de energia bruta.

Os animais consumindo dietas com soja autoclavada e autoclavada pelo dobro do tempo apresentaram consumo de energia bruta superior ao dos animais que receberam as dietas com soja crua. Este efeito provavelmente se deva ao efeito dos inibidores de tripsina presentes na soja crua que atuam provocando um aumento da concentração de aminoácidos e peptídios no duodeno, provocando uma maior secreção de CCK. A CCK atua potentemente sobre a regulação do apetite, reduzindo o consumo de alimento, segundo UVNÄS-MOBERG (1990) e READ et al. (1994).

4.1.3. Excreção fecal

Os valores individuais de excreção fecal de matéria seca, excreção fecal de proteína bruta, excreção fecal de energia bruta estão apresentados no Apêndice 6.

Os quadros de análise de variância e teste de Tukey para médias de excreção estão apresentados nos Apêndices 9 a 11.

Não foi observado efeito de tratamento térmico e do nível de lisina (%) nem interação entre esses dois fatores para os valores de excreção de matéria seca, proteína bruta e energia bruta, Apêndices 9, 10 e 11.

As Tabelas 10, 11 e 12 apresentam as respostas do teste de médias de Tukey para excreção fecal de matéria seca, proteína bruta e energia bruta.

Tabela 10 - Teste de médias de Tukey para a variável excreção fecal de matéria seca (g).

Lisina	Tratamento Térmico Soja			
	Crua	Autoclavada	Dobro Tempo	
80%NRC	510	394	497	534 a A
100%NRC	427	618	557	467 a A
	469 a A	506 a A	527 a A	

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre si ao nível de significância de 1%.

Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%

DMS 5% Tratamento Térmico = 237

DMS 5%_{Lisina (%)} = 158

DMS 1% Tratamento Térmico = 317

DMS 1%_{Lisina (%)} = 222

foram maiores para a dieta contendo soja autoclavada em relação as dietas contendo soja autoclavada dobro do tempo e crua. Os valores para os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta foram 83,6; 80,4 e 76,8, respectivamente para soja autoclavada, soja autoclavada dobro do tempo e soja crua.

Esta resposta é semelhante a observada por FABER e ZIMMERMAN (1973). Da mesma forma, COMBS et al. (19??) observaram que dietas contendo soja crua apresentaram coeficientes de digestibilidade da proteína menores do que dietas contendo soja autoclavada. Por outro lado, VAN BARNEVELD et al. (1994 a) não observaram efeito do tratamento de calor sobre a digestibilidade fecal da proteína da soja em relação aos valores de digestibilidade da soja crua.

Quando os valores de digestibilidade são comparados com os valores de ganho de peso é evidenciado que um melhor aproveitamento da soja ocorreu pelos suínos recebendo soja autoclavada e decresceu quando consumiram soja autoclavada dobro do tempo e soja crua. Segundo HANCOCK et al. (1990), a digestibilidade da proteína é afetada pelo tempo e pela intensidade de aquecimento. HEALY et al.(1990) observaram uma melhoria no valor nutricional da soja quando submetida a tratamento térmico.

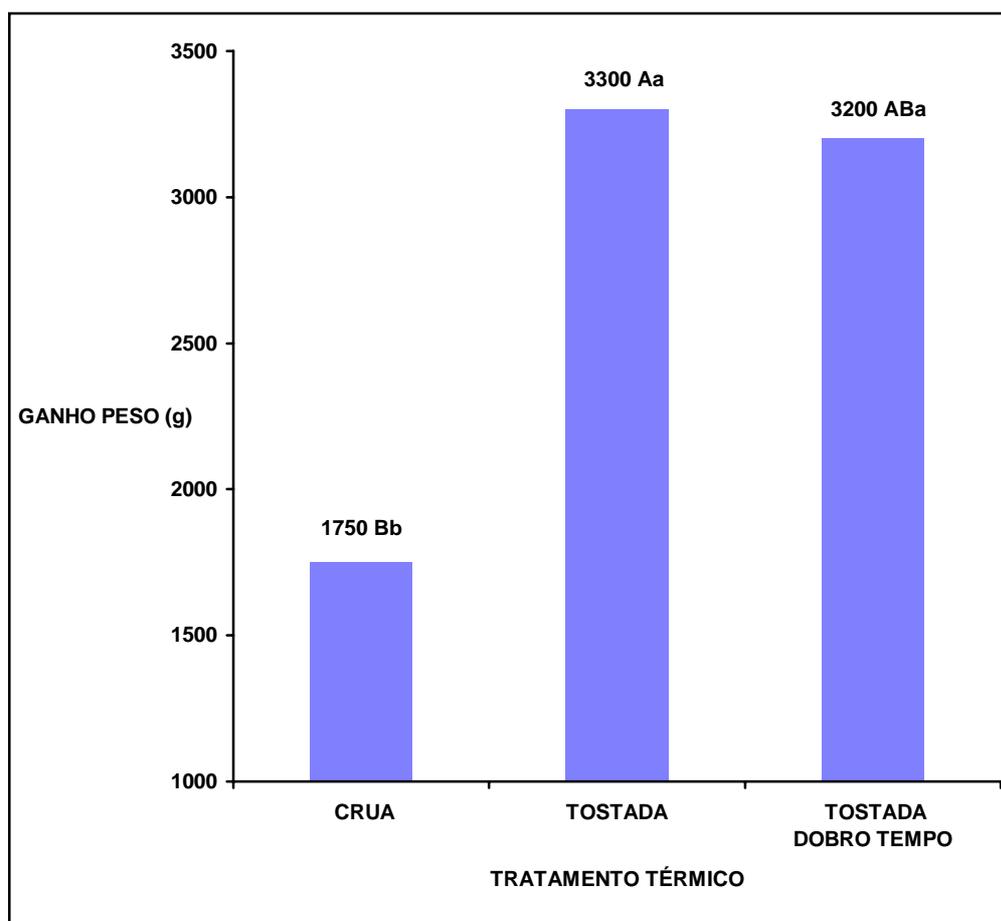
Os valores de solubilidade da proteína tendem a decair, de uma forma linear, em função do tratamento térmico (HERKELMAN et al., 1991). Isto causa uma diminuição da disponibilidade da proteína, à medida que aumenta o tempo de tratamento térmico da soja. Em função disto, é esperada uma perda

da digestibilidade da proteína da dieta contendo soja autoclavada dobro tempo. Este efeito foi observado, embora não tenha sido de forma significativa.

O tratamento térmico pode ter causado um prejuízo a proteína e aos aminoácidos, principalmente a lisina, a metionina e a treonina. Este prejuízo pode ser decorrente dos produtos resultantes da reação de Maillard ou resultante de trocas de conformação da estrutura das proteínas, resultando em uma perda de disponibilidade da proteína da soja autoclavada dobro do tempo, conforme BECH et al. (1991) e BATTERHAM (1992).

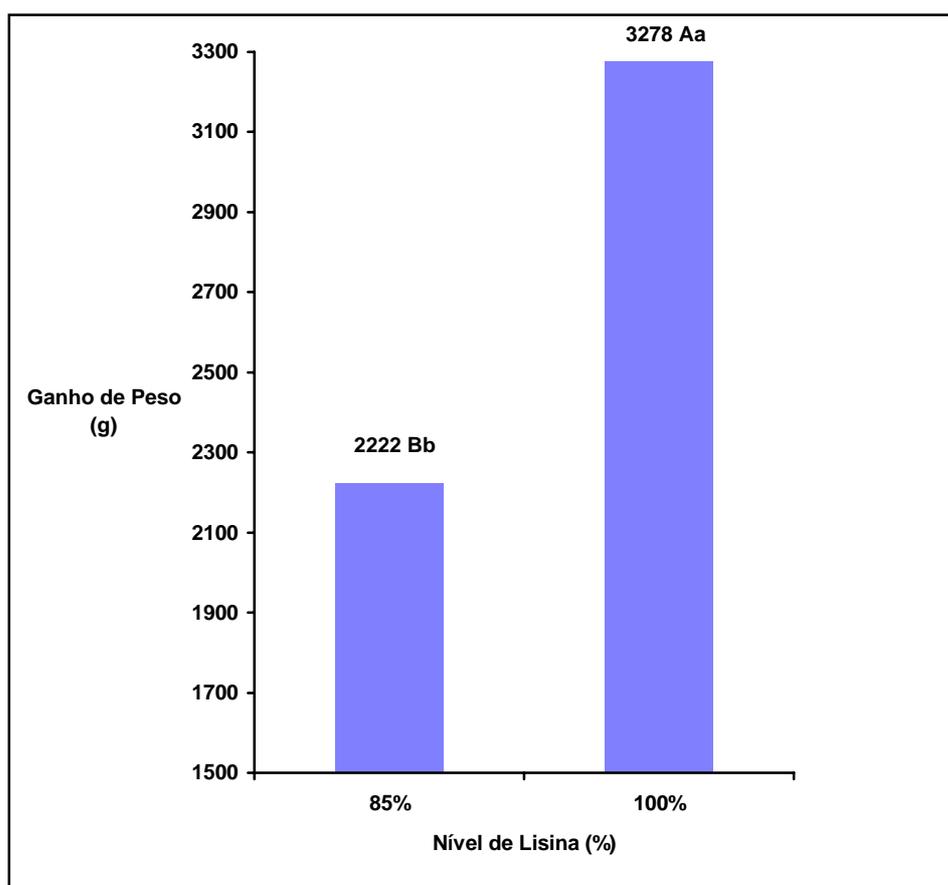
A quantidade de fibra bruta da dieta não afetou de maneira significativa a digestibilidade da matéria seca e da proteína, embora as dietas contendo 100% de lisina tenham apresentado um valor de digestibilidade da matéria seca superior ao observado para as dietas contendo 85% de lisina. Este fato pode ser devido a substituição de amido pela fonte de soja e o aumento da concentração de celulose da dieta, fontes de menor digestibilidade em comparação ao amido. Estes dados estão de acordo com os observados por LI et al. (1994), BACKER et al. (1995) e GABERT et al. (1995).

Este efeito é discordante do observado por PARTRIDGE et al. (1982), SAUER et al. (1991) e DE LANGE et al. (1994), que verificaram um decréscimo da digestibilidade em função da inclusão de celulose a dieta.



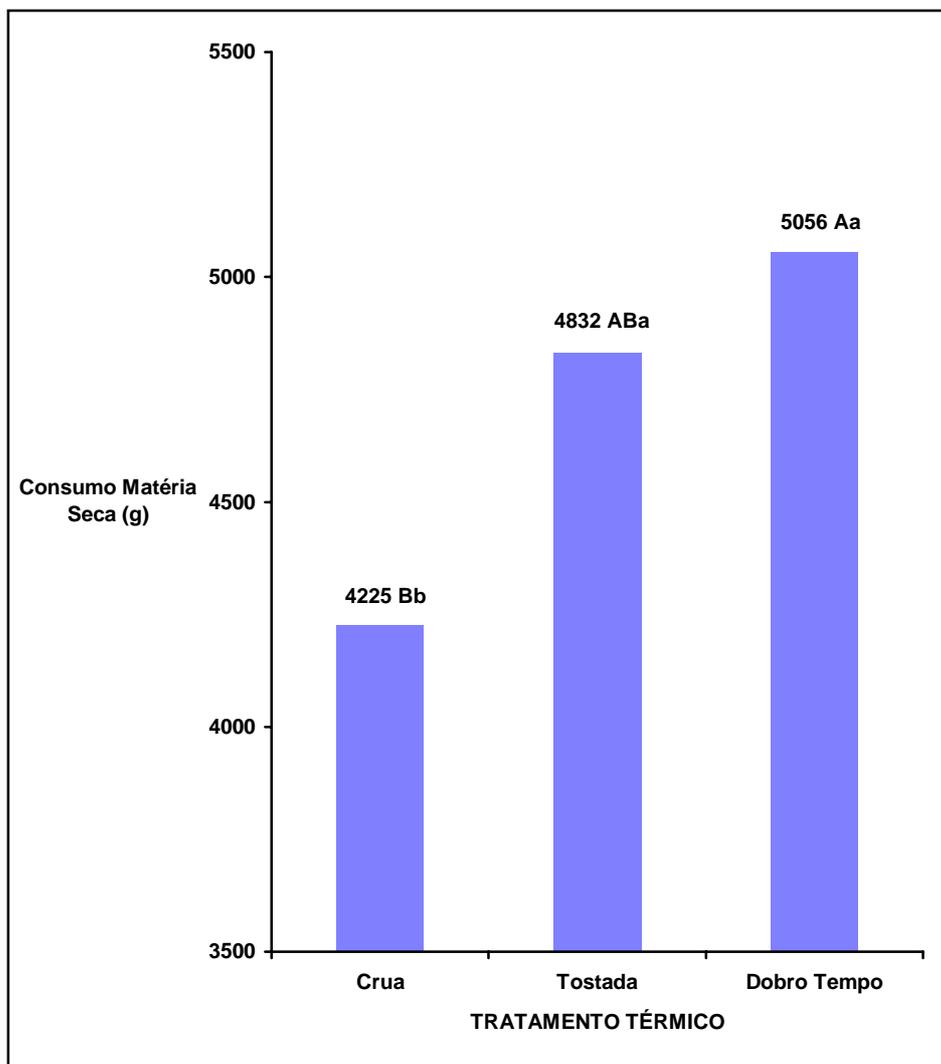
Maiúscula $P < 0.01$; Minúscula $P < 0,05$

Figura 1- Efeito do tratamento térmico sobre o ganho de peso em 5 dias (Experimento1).



Maiúscula P < 0.01; Minúscula P < 0,05

Figura 2- Efeito do nível de lisina (%) sobre o ganho de peso em 5 dias (Experimento 1).



Maiúscula $P < 0.01$; Minúscula $P < 0,05$

Figura 3- Efeito do tratamento térmico sobre o consumo de matéria seca em 5 dias (Experimento 1).

4.2. Experimento 2

4.2.1. Ganho de peso

Os valores individuais de ganho de peso dos suínos nas fases 1 e 2 do experimento 2 estão apresentados nos apêndices 15 e 16.

Os quadros de análise de variância estão apresentados no apêndice 17 e o teste de médias de Tukey para ganho de peso dos animais no experimento 2 estão apresentados na Tabela 16.

Não foi observado efeito para tratamento térmico, nível de lisina e suplementação de aminoácidos para os dados de ganho de peso dos suínos no experimento 2. Não foi observada interação entre os diferentes fatores sobre o ganho de peso.

Embora não significativamente, os animais consumindo dietas contendo 120% de lisina apresentaram ganho de peso médio superior ao dos demais animais recebendo dietas com níveis de lisina 80 e 100% exigências (NRC, 1988), sugerindo que ocorreu uma perda na disponibilidade da lisina, decorrente da ação do tratamento térmico, em função da participação deste aminoácido na formação de complexos decorrentes da reação de Maillard.

Tabela 16- Teste de médias de Tukey para a a variável ganho de peso (g).

Tratamento	Lisina (% NRC)									
	80			100			120			
	0	Met	Thr	0	Met	Thr	0	Met	Thr	
Autoclavada	2750	3600	3250	3800	2900	3250	3100	3250	3900	3311 a A
Dobro Tempo	2900	3250	3450	3300	3750	2350	3750	3750	3800	3367 a A
	2825	3425	3350	3550	3325	2800	3425	3500	3850	
	3200 a A			3225 a A			3592 a A			

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre si ao nível de significância de 1%

Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%.

DMS 1%_{Trat Térmico} = 784 DMS 1%_{Lisina (%)} = 1117

DMS 5%_{Trat Térmico} = 563 DMS 5%_{Lisina (%)} = 843

Os animais consumindo as dietas contendo os níveis de lisina de 80 e 100% e contendo suplementação de treonina, apresentaram ganhos de peso inferiores em relação aos animais que receberam dietas suplementadas com metionina. Este efeito reflete uma perda de disponibilidade ou da metionina ou da cisteína em função do tratamento térmico, demonstrando a participação dos aminoácidos sulfurados nas reações de Maillard. Este efeito é mais marcante nas dietas contendo soja autoclavada dobro do tempo.

A resposta observada para ganho de peso foi semelhante a demonstrada por KERR e EASTER (1995), que também não obtiveram taxas de crescimento diferentes utilizando dietas contendo 12% de PB, com suplementação de triptofano, de treonina e de lisina.

4.2.2. Excreção fecal

Os valores individuais de excreção fecal de matéria seca, proteína bruta e energia bruta estão apresentados no apêndices 18 e 19, respectivamente para as fases 1 e 2 do experimento 2.

Os quadros de análise de variância estão apresentados no apêndices 20 e o teste de médias de Tukey da variável excreção fecal de matéria seca estão apresentados na Tabela 17.

Tabela 17- Teste de médias de Tukey para a variável excreção fecal de matéria seca (g/PC^{0,75}).

Tratamento	Lisina (% NRC)									
	80			100			120			
	0	Met	Thr	0	Met	Thr	0	Met	Thr	
Autoclavada	43,75	58,91	29,05	40,46	45,91	44,87	64,52	66,95	55,54	50,00 a A
Dobro Tempo	55,40	52,06	51,65	54,55	53,15	58,00	65,29	63,13	56,81	56,67 a A
	45,58	55,49	40,35	47,51	49,53	51,44	64,91	65,04	56,18	
	48,47 b A			49,49 b A			62,04 a A			

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre si ao nível de significância de 1%

Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%.

DMS 1%_{Trat Térmico} = 9,93 DMS 5%_{Trat Térmico} = 7,13

DMS 1%_{Lisina (%)} = 10,68 DMS 5%_{Lisina (%)} = 14,16

Os suínos consumindo dietas contendo níveis de lisina de 120% das exigências do NRC (1988) apresentaram valores de excreção fecal de matéria seca superiores (Tukey 5%) em relação aos animais consumindo as dietas contendo os níveis de 80 e 100% de Lisina (NRC, 1988).

Este efeito foi decorrente do aumento da inclusão de celulose e da substituição de amido por soja, proporcionando um aumento de frações indigestíveis na dieta e perda de amido, fração glicídica altamente digestível.

Foi observado efeito do tratamento térmico ($P < 0,06$) para a variável excreção fecal de matéria seca. Provavelmente este efeito decorra da formação de produtos de Maillard diminuindo a disponibilidade da matéria seca do alimento, principalmente da porção glicídica e protéica na soja dobro do tempo.

O quadro de análise de variância esta apresentado no apêndice 21 e o teste de médias de Tukey para a variável excreção fecal de proteína bruta esta apresentado na Tabela 18.

Tabela 18- Teste de médias de Tukey para a variável excreção fecal de proteína bruta (g/PC^{0,75}).

Tratamento	Lisina (% NRC)									
	80			100			120			
	0	Met	Thr	0	Met	Thr	0	Met	Thr	
Autoclavada	10,30	11,77	5,62	9,94	10,21	8,75	14,94	14,23	12,68	10,94 a A
Dobro Tempo	12,53	11,13	9,63	12,20	8,38	14,51	14,39	16,03	12,93	12,41 a A
	11,42	11,45		11,07	9,30	11,63	14,67	15,13	12,81	
	10,17 b A			10,67 b A			14,20 a A			

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre si ao nível de significância de 1%

Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%.

DMS 5%_{Trat Térmico} = 2,06 DMS 1%_{Lisina (%)} = 2,87

DMS 5%_{Trat Térmico} = 3,09 DMS 1%_{Lisina (%)} = 4,09

Foi observado efeito do nível de lisina (%) na excreção fecal de proteína bruta ($P= 0,008$). Não foi observada interação significativa entre os fatores tratamento térmico, nível de lisina e suplementação de aminoácidos sobre a excreção fecal de proteína bruta. O efeito do nível de Lisina sobre a excreção fecal da proteína bruta esta apresentado na Figura 4. Suínos consumindo dietas contendo 120% das exigências de lisina (NRC, 1988) apresentaram valores de excreção fecal de proteína bruta superiores aos animais consumindo dietas com 80 e 100% de Lisina (%). O aumento da excreção fecal de proteína pode ter sido simplesmente por um excesso no fornecimento, já que a digestibilidade foi similar

Este efeito pode ser decorrente do aumento do nível de celulose da dieta (3,05 até 5,32%), desta forma aumentando a fermentação bacteriana no intestino grosso, e a uma menor utilização da proteína da dieta decorrente da formação de produtos da reação de Maillard, tornando alguns aminoácidos indigestíveis. Este efeito é mais marcante nas dietas contendo soja autoclavada dobro tempo.

O quadro de análise de variância esta apresentado no apêndice 22 e o teste de médias de Tukey para a variável excreção fecal de energia bruta esta apresentado na Tabela 19.

Tabela 19- Teste de médias de Tukey para a variável excreção fecal de energia bruta (g/PC^{0,75}).

Tratamento	Lisina (% NRC)									
	80			100			120			
	0	Met	Thr	0	Met	Thr	0	Met	Thr	
Autoclavada	212	275	138	191	218	209	303	329	263	237 a A
Dobro Tempo	254	239	237	263	254	289	311	302	272	269 b A
	233	257	188	227	236	249	307	316	267	
	226 b B			237 b AB			297 a A			

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre si ao nível de significância de 1%

Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%.

DMS 1%_{Trat Térmico} = 43,15 DMS 1%_{Lisina (%)} = 30,99

DMS 5%_{Trat Térmico} = 46,39 DMS 5%_{Lisina (%)} = 61,53

Foi observado efeito de tratamento térmico ($P < 0,04$) e nível de lisina ($P = 0,003$) para a variável excreção fecal de energia bruta. Não foi observada interação significativa entre os fatores tratamento térmico, nível de lisina e suplementação de aminoácidos sobre a excreção fecal de energia bruta. Suínos recebendo dietas com soja autoclavada dobro do tempo tiveram valores de excreção fecal de energia bruta superiores aos observados nos animais recebendo as dietas contendo soja autoclavada. Este efeito provavelmente se deva a perda de digestibilidade das frações glicídica e protéica da dieta decorrente da formação de produtos da reação de Maillard.

Os animais recebendo as dietas contendo níveis mais elevados de lisina (100 e 120%) apresentaram valores de excreção fecal de energia bruta superiores, provavelmente decorrentes do fato de haver a substituição de amido por soja e celulose, frações menos digestíveis. O efeito de lisina sobre a excreção fecal de energia bruta está apresentado a Figura 5. Este efeito foi mais pronunciado nas dietas contendo soja autoclavada dobro tempo, caracterizando perda de frações glicídica e protéica da soja, decorrentes do aumento do tempo de processamento térmico. A excreção fecal de nitrogênio também não foi afetada com a suplementação de aminoácidos, em relação a dietas contendo 12% de PB, no trabalho de KERR e EASTER (1995). Estes dados são discordantes dos valores observados em relação a excreção fecal obtidos neste trabalho. Mas, as respostas obtidas são semelhantes as observadas por FAN et al. (1994), onde houve um aumento linear da excreção fecal de nitrogênio, à medida que ocorreu o aumento da proteína da dieta.

4.2.3. Digestibilidade

Os valores individuais obtidos para os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, da proteína bruta e da energia bruta estão apresentados nos apêndices 18 e 19, respectivamente para as fases 1 e 2 do experimento 2. Os quadros de análise de variância e teste de médias de Tukey para a variável coeficiente de digestibilidade da matéria seca estão apresentados no apêndice 25 e na Tabela 20.

Foi observado efeito de tratamento térmico ($P < 0,07$) e nível de lisina ($P < 0,01$) para a variável coeficiente de digestibilidade da matéria seca. O efeito do nível de lisina da dieta sobre a digestibilidade da matéria seca esta apresentado na Figura 6. Não foi observada interação significativa entre os fatores tratamento térmico, nível de lisina e suplementação de aminoácidos sobre a digestibilidade da matéria seca. Os suínos, recebendo as dietas contendo soja autoclavada dobro do tempo, apresentaram as piores médias de coeficiente de digestibilidade da matéria seca (88,49 x 87,07%). Este efeito está associado a formação de produtos indigestíveis resultantes da reação entre aminoácidos e glicídios, formados em função da duração da exposição ao processamento térmico. As dietas contendo nível de lisina de 120% das exigências do NRC (1988) apresentaram digestibilidade da matéria seca inferior aos tratamentos contendo 80 e 100% de lisina (NRC, 1988). O efeito de perda de digestibilidade, à medida que ocorreu o aumento do nível de lisina, deve-se a substituição do amido, fonte glicídica de alta digestibilidade, por celulose e soja, fontes que apresentam menor digestibilidade.

Tabela 20- Teste de médias de Tukey para a variável coeficiente de digestibilidade da matéria seca (%).

Tratamento	Lisina (% NRC)									
	80			100			120			
	0	Met	Thr	0	Met	Thr	0	Met	Thr	
Autoclavada	89,88	86,38	92,78	90,79	89,51	89,80	85,28	84,74	87,26	88,49 a A
Dobro Tempo	87,35	88,10	88,21	87,61	87,74	86,77	85,20	85,61	86,93	87,07 a A
	88,61	87,24	90,50	89,20	88,63	88,28	85,24	85,18	87,10	
	88,78 a A			88,70 a A			85,84 a A			

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre si ao nível de significância de 1%

Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%.

DMS 1%_{Trat Térmico} = 2,27 DMS 1%_{Lisina (%)} = 2,44

DMS 5%_{Trat Térmico} = 1,63 DMS 5%_{Lisina (%)} = 3,24

Os quadros de análise de variância e teste de médias de Tukey para a variável coeficiente de digestibilidade da proteína bruta estão apresentados no apêndice 24 e na Tabela 21.

A variável coeficiente de digestibilidade da proteína bruta não apresentou efeito de nível de lisina, tratamento térmico e suplementação da aminoácidos.

Provavelmente a ausência de efeito para esta variável é devido, a contribuição de proteína endógena, proveniente de enzimas e escamação epitelial, nas dietas com baixo nível de lisina e a contribuição da fermentação bacteriana no intestino grosso, desta forma mascarando os efeitos de digestibilidade da proteína das dietas.

O quadro de análise de variância e teste de médias de Tukey para a variável coeficiente de digestibilidade da energia bruta estão apresentados no apêndice 25 e na Tabela 22.

Tabela 21- Teste de médias de Tukey para a variável coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (%).

Tratamento	Lisina (% NRC)									
	80			100			120			
	0	Met	Thr	0	Met	Thr	0	Met	Thr	
Autoclavada	77,36	79,12	87,54	84,48	84,23	86,46	77,89	79,92	83,90	82,32 a A
Dobro Tempo	77,87	77,77	80,66	83,53	86,68	78,17	81,96	78,86	86,21	80,90 a A
	77,62	78,45	84,10	84,10	85,46	81,31	79,93	79,39	85,06	
	80,06 a A			83,59 a A			81,46 a A			

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre si ao nível de significância de 1%

Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%.

DMS 1%_{Trat Térmico} = 4,29 DMS 1%_{Lisina (%)} = 6,11

DMS 5%_{Trat Térmico} = 3,08 DMS 5%_{Lisina (%)} = 4,61

Tabela 22- Teste de médias de Tukey para a variável coeficiente de digestibilidade da energia bruta (%).

Tratamento	Lisina (% NRC)									
	80			100			120			
	0	Met	Thr	0	Met	Thr	0	Met	Thr	
Autoclavada	88,69	86,18	92,37	89,24	89,05	88,52	83,77	82,62	87,69	87,52 a A
Dobro Tempo	85,96	86,72	86,98	86,86	86,86	85,07	83,73	84,93	86,21	85,92 a A
	87,33	86,45	89,68	88,05	87,95	86,79	83,75	83,77	86,95	
	87,82 a A			87,60 a A			84,82 b A			

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre si ao nível de significância de 1%

Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%.

DMS 1%_{Trat Térmico} = 2,35 DMS 1%_{Lisina (%)} = 3,35

DMS 5%_{Tat Térmico} = 1,69 DMS 5%_{Lisina (%)} = 2,53

Foi observado efeito do tratamento térmico ($P < 0,06$) e do nível de lisina ($P < 0,01$) para os valores de digestibilidade da energia bruta. As respostas para Tratamento Térmico e Lisina (%) estão apresentados, respectivamente, nas Figuras 7 e 8. Não houve interação significativa entre os diferentes fatores sobre a digestibilidade da energia bruta.

O efeito do tratamento térmico sobre a digestibilidade da energia bruta deve-se ao fato de ocorrer perda de digestibilidade da porção protéica e glicídica da matéria seca da dieta, uma vez que ocorre a formação de compostos caramelizados como resultado da reação de aminoácidos e glicídios, que tornam estas porções indigestíveis. Estas reações são mediadas pelo processo de aquecimento e são evidenciadas à medida que o tempo de exposição é aumentado.

A perda de digestibilidade da energia em função do nível de lisina deve-se a troca de amido, fração glicídica altamente digestível, por celulose e soja, alimentos menos digestíveis à medida que ocorreu o aumento do nível de lisina das dietas.

A resposta obtida para o coeficiente de digestibilidade da matéria seca se assemelha ao valor determinado por LI et al. (1994) que verificaram que a substituição de amido por uma fonte glicídica de menor digestibilidade diminuiu a digestibilidade da matéria seca. Da mesma forma, LI e SAUER (1994) observaram que o aumento da concentração de gordura na dieta não afetou a digestibilidade da matéria seca.

Os valores de digestibilidade da proteína obtidos diferem dos resultados de MARTY et al. (1994) que encontraram valor de digestibilidade inferior ao obtido no presente trabalho ($69,5 * 82,32$).

A resposta observada por FAN et al. (1994) é de efeito quadrático na digestibilidade, embora este efeito tenha sido maior nos níveis de proteína inferiores (4% a 12%), decrescendo até o nível máximo (24%). As respostas deste experimento foram diferentes daquelas obtidas por FAN et al. (1994). É possível que os valores de proteína obtidos nas dietas formuladas se encontrem nos níveis onde a resposta já seja negligenciável, em relação a resposta de digestibilidade da proteína bruta, ou que, por terem baixos níveis de proteína as respostas para os valores de digestibilidade tenham sido mascarados devido a uma maior contribuição do nitrogênio de origem endógena, conforme sugerem HOLMES et al. (1974) e LOW (1980).

A digestibilidade da energia bruta apresentou resposta semelhante a observada para a digestibilidade da matéria seca. Este efeito pode ser explicado pelo fato de a energia bruta estar relacionada ao conteúdo de matéria seca da dieta. Desta forma, uma vez que ocorrem perdas de digestibilidade de matéria seca estas perdas vão se refletir na perda de digestibilidade da energia. A resposta obtida reflete que ocorreram perdas nas frações energéticas do alimento, principalmente nas frações protéica e glicídica em decorrência de prejuízos ocasionados pelo excesso de tratamento térmico, ocasionando a formação de ligações entre as frações glicídica e protéica da soja integral quando esta foi submetida a autoclavagem por um período igual

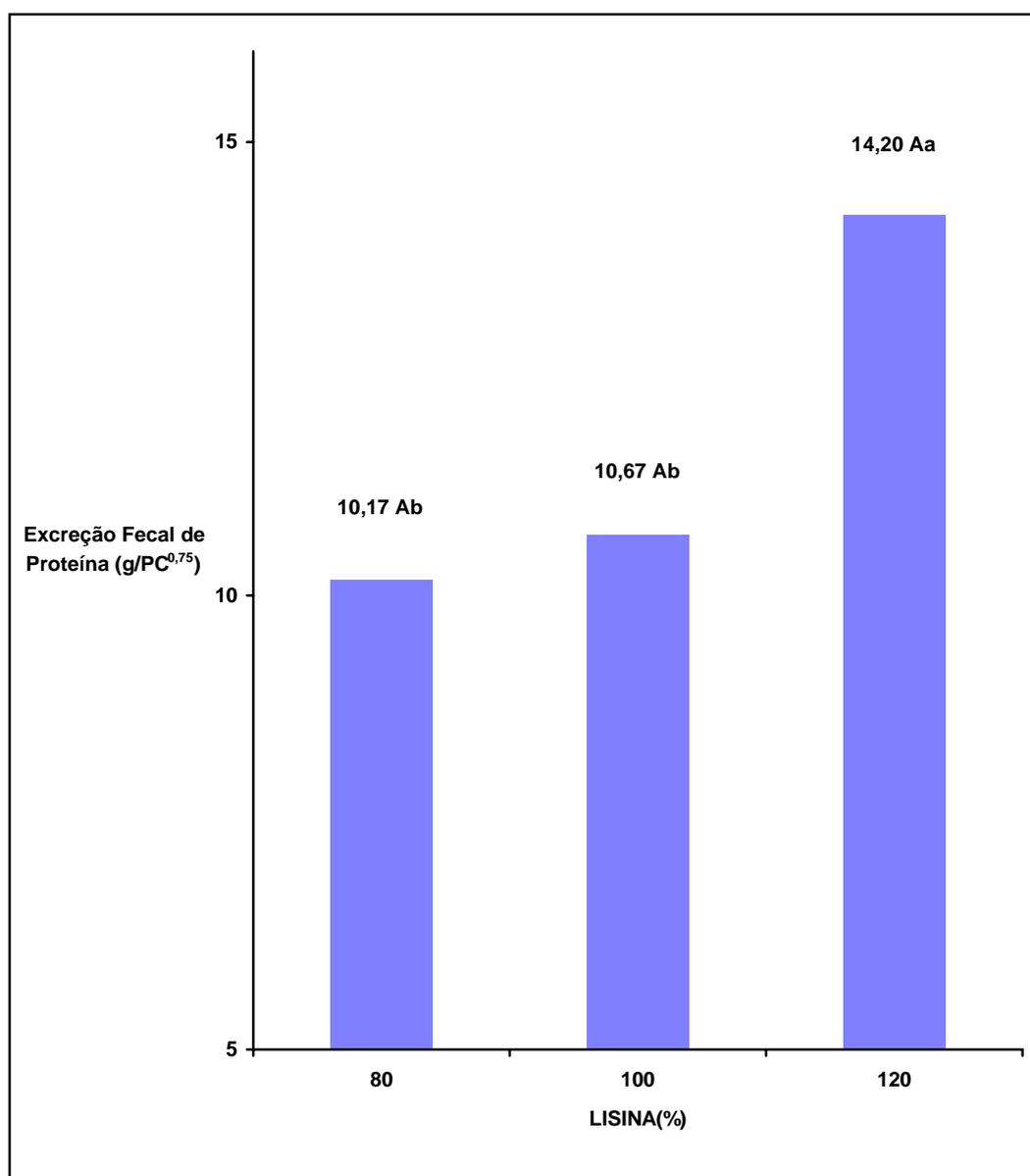
ao dobro do tempo do período normal, o que é concordante com o postulado por VAN SOEST (1994).

4.2.4. Consumo

As dietas no experimento 2 foram fornecidas controladas, em 3 vezes as necessidades de energia de manutenção, de acordo com a necessidade de energia para manutenção proposta pelo (NRC, 1988). Desta forma não foram verificadas efeitos de tratamento térmico, nível de lisina e suplementação de aminoácidos, bem como diferenças significativas para as variáveis consumo de matéria seca e consumo de energia bruta das dietas, uma vez que as dietas formuladas foram isoenergéticas.

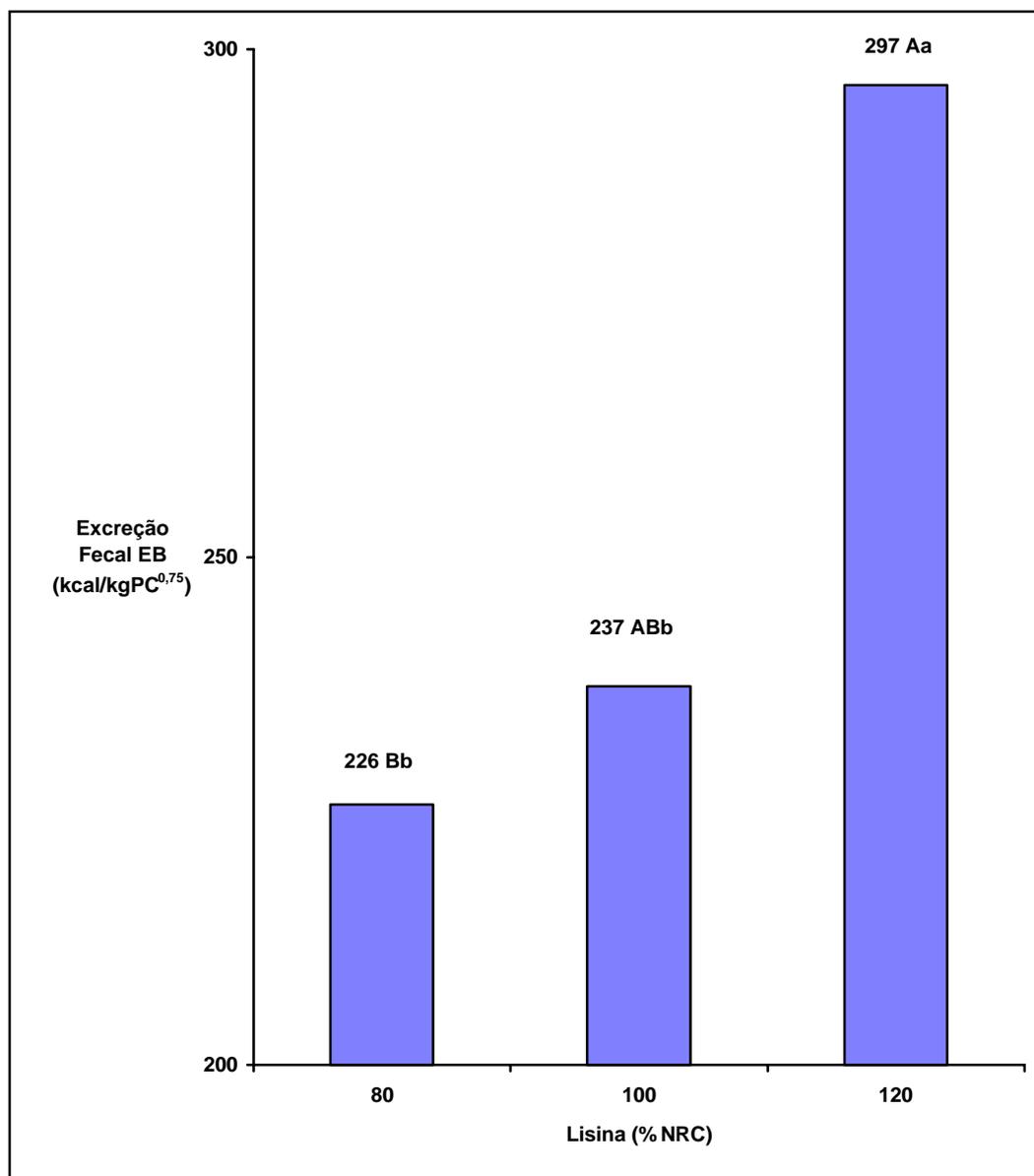
Com relação a variável consumo de proteína bruta foi observada interação entre tratamento térmico, nível de lisina e suplementação de aminoácidos ($P= 0,046$).

Este efeito é explicado pelo fato de as dietas terem sido fornecidas de acordo com o peso corporal metabólico dos animais, e as dietas apresentaram diferentes níveis de inclusão de soja, visando atingir os diferentes níveis propostos em relação as exigências de lisina (NRC, 1988) e a suplementação de aminoácidos foi realizada com base na concentração de lisina da dieta de acordo com a recomendação de PARSONS e BAKER (1994) para proteína ideal, resultando portanto em diferentes concentrações de proteína nas dietas.



Maiúscula P < 0.01; Minúscula P < 0,05

Figura 4- Efeito do nível de Lisina sobre a excreção fecal de proteína (Experimento 2).



Maiúscula $P < 0.01$; Minúscula $P < 0,05$

Figura 5- Efeito do nível de Lisina sobre a excreção fecal de energia bruta (Experimento2).

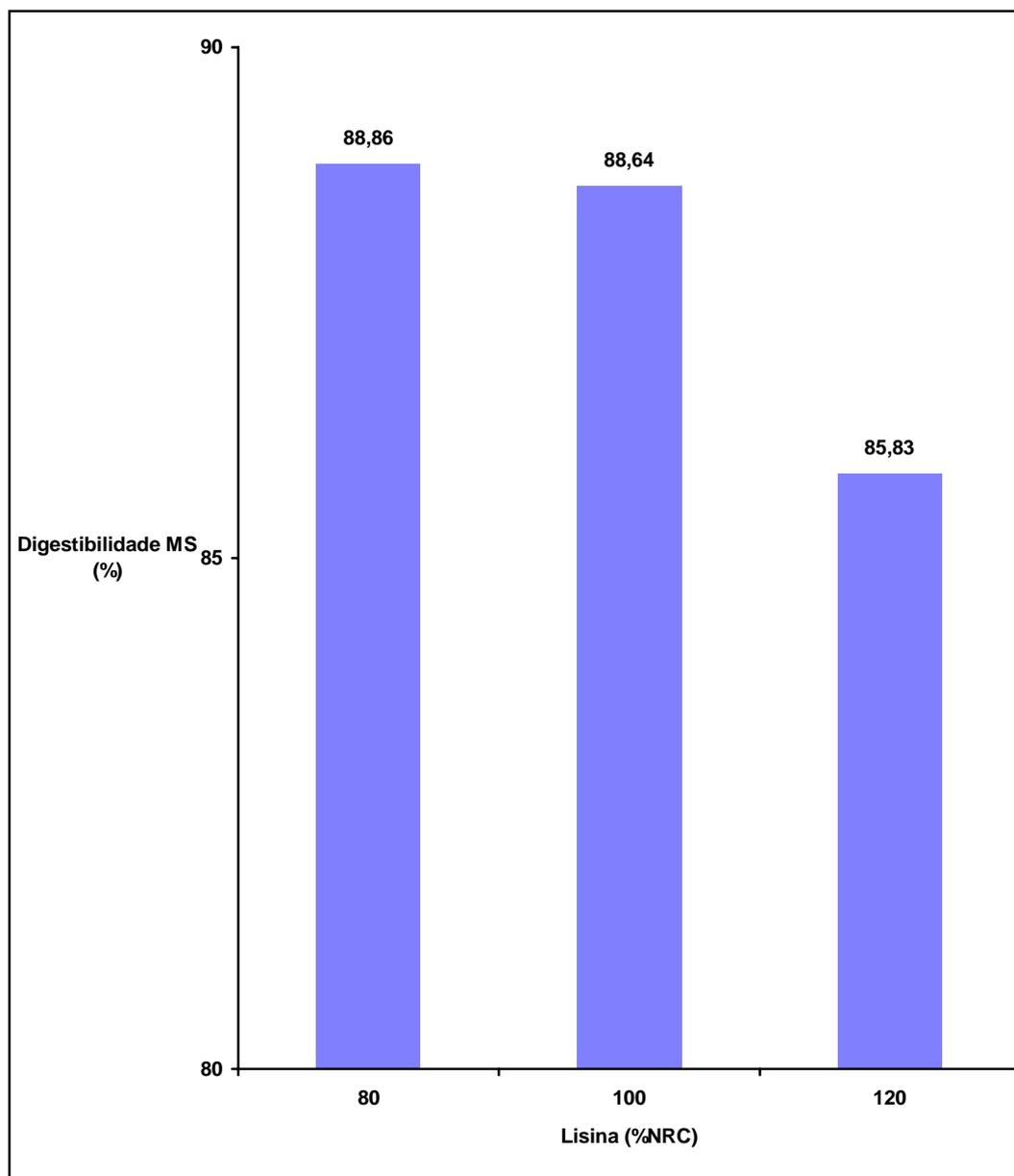


Figura 6- Efeito do nível de Lisina sobre a digestibilidade da Matéria Seca (Experimento 2).

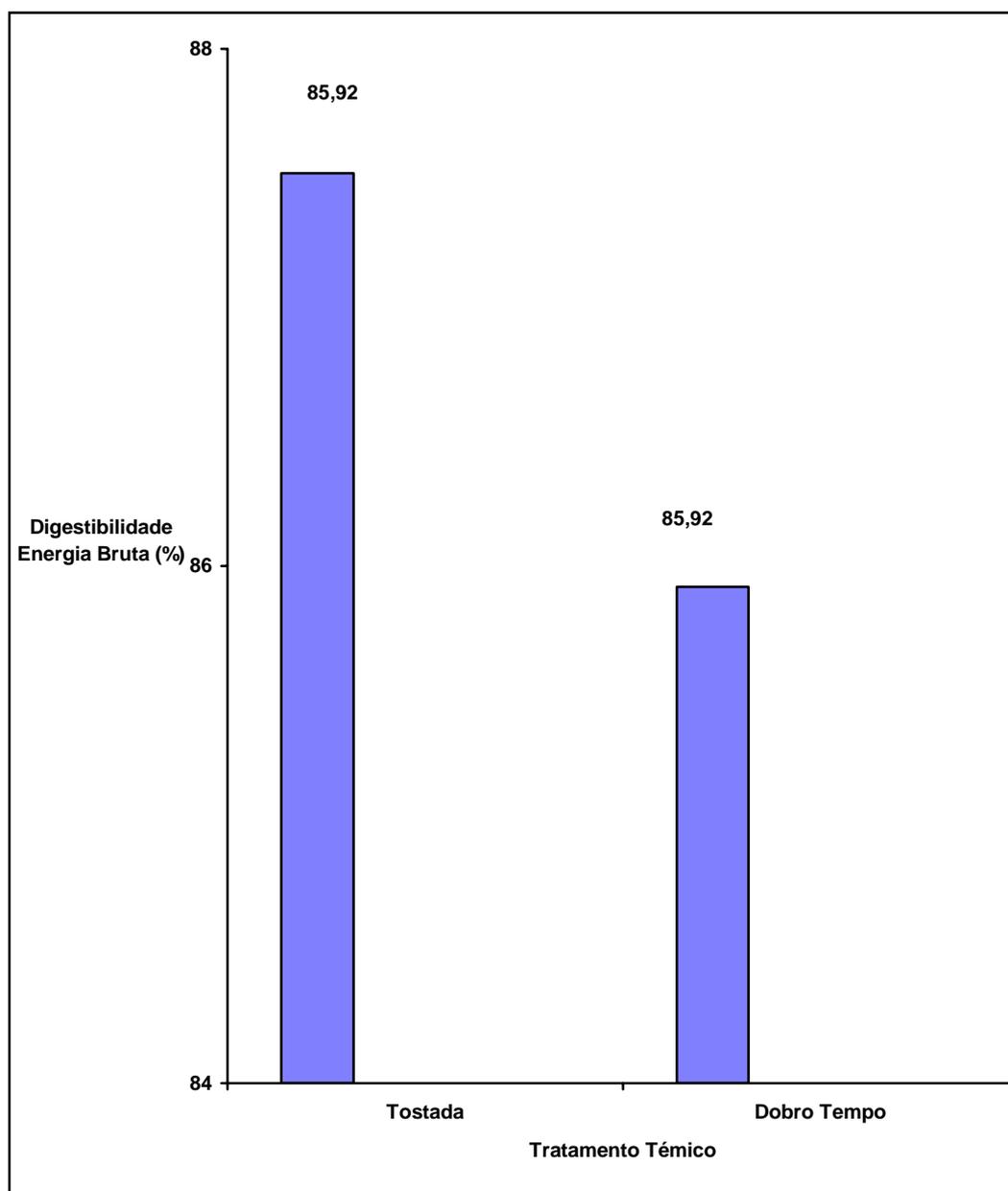
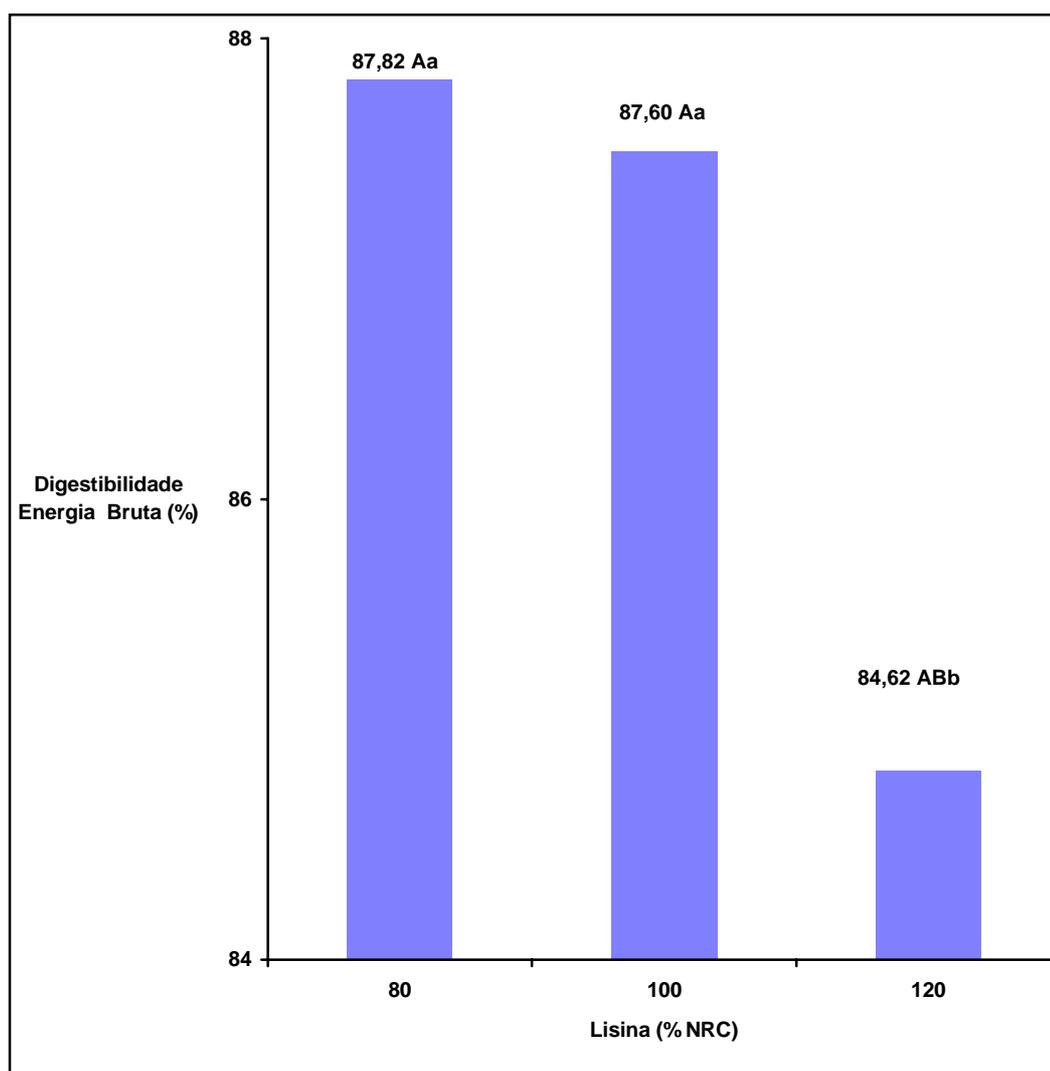


Figura 7- Efeito do Tratamento Térmico da soja sobre a digestibilidade da energia bruta (Experimento 2).



Maiúscula $P < 0.01$; Minúscula $P < 0,05$

Figura 8- Efeito do nível de Lisina sobre a digestibilidade da energia bruta (Experimento 2).

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste experimento e tomando-se em consideração as condições apresentadas no trabalho realizado é possível concluir :

- (1) os suínos alimentados com dietas contendo soja integral crua apresentaram um prejuízo no ganho de peso e no consumo;
- (2) a digestibilidade fecal aparente da proteína não foi afetada pelo tratamento térmico da soja;
- (3) o tratamento térmico dobro do tempo causa um prejuízo a disponibilidade da proteína, interferindo no desempenho dos animais;
- (4) a autoclavagem no tempo normal apresentou os melhores resultados de desempenho dos suínos, demonstrando ser o tratamento ideal;
- (5) o tratamento térmico em excesso não demonstrou causar efeito prejudicial a digestibilidade fecal aparente da proteína da soja;
- (6) o nível de soja e conseqüentemente de proteína das dietas não provocou diferenças na digestibilidade da proteína;
- (7) houve uma tendência de melhora de desempenho (ganho de peso) em relação as dietas suplementadas com treonina.

6. BIBLIOGRAFIA

- ADEOLA, O.; LAWRENCE, B. V.; CLINE, T. R. 1994. Availability of amino acids for 10- 20 kilogram pigs: Lysine and threonine in soybean meal. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, p. 2061-2067.
- AGUNBIADE, J. A.; WISEMAN, J.; COLE, D. J. A. 1992. Utilization of dietary energy and nutrients from soya bean products by growing pigs. **Animal Feed Science and Technology** , Amsterdam, v. 36, p. 303-318.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST. 1975. **Official Methods of Analysis**. 12th ed. Washington. 1094 p.
- BAKKER, G. M. C.; JONGBLOED, R.; VERSTEGEN, M. W. A.; LONGBLOED, A. W.; BOSCH, M. W. 1995. Nutrient apparent digestibility and the performance of growing fattening pigs as affected by incremental additions of fat to starch or non starch polysaccharides. **Animal Science**, Bletchey, v. 60, p. 325-335.
- BATTERHAM, E. S. 1992. Availability and utilization of amino acids for growing pigs. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 5, p. 1-18.
- BATTERHAM, E. S. 1994. Ileal digestibilities of amino acids in feedstuffs for pigs. IN: D'MELLO, J. P. F. (ED.). **Amino acids in farm animal nutrition**. Wallingford, CAB International. Cap 6, p. 113.
- BAYLEY, H. S.; SUMMERS, J. D. 1975. Nutritional evaluation of extruded full-fat soybeans and rapeseeds using pigs and chickens. **Canadian Journal of animal science**, Ottawa, v. 55, p. 441-450.
- BEECH, S. A.; BATTERHAM, E. S.; ELLIOTT, R. 1991. Utilization of ileal digestible amino acids by growing pigs: Threonine. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 65, p. 381-390.
- BONASPETTI, S. 1990, **Uso do grão de soja tostado ou cru e os efeitos dos inibidores de crescimento sobre o desempenho de frangos**.163 f. Dissertação (Mestrado Zootecnia) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre.
- CAMIRE, M. F.; CAMIRE, A.; KRUMHAR, K. 1990. Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. **Food Science Nutrition**, London, v. 29, p. 35-57.
- CATSIMPOOLAS, N.; MEYER, W.1970. Gelation phenomena of soybean globulins. I. Protein-protein interactions. **American Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 47, p. 559-570.
- CHANG, C. J.; TANKSLEY JR., T. D.; KNABE D. A. ; ZEBROWSKA T. 1987. Effects of different heat treatments during processing on nutrient digestibility of soybean meal in growing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 65 , p. 1273-1282.
- CHUNG, T. K.; BAKER, D. H. 1992. Apparent and true amino acid digestibility of a crystalline amino acid mixture and of casein: comparasion of values obtained with ileal- cannulated pigs and cectomized cockerels. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, p. 3781-3790.

- COMBS, G. E.; CONNES, R. G.; BERRY, T. H.; WALLACE, H. D. 19???. Effect of raw and heated soybeans on gain, nutrient digestibility, plasma amino acids and other blood constituents of growing swine. **Florida Agricultural Experimental Station Journal**, Gainesville, v. 2446, p. 1067.
- COOK, D. A.; JENSEN, A. H.; FRALEY J.R., HYMOVITS T. 1988. Utilization by growing and finishing pigs of raw soybeans of low Kunitz inhibitor content. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, p.1686-1691.
- COON, C. N. 1991 .Optimizing ingredient utilization through a better understanding of amino acid bioavailability. In: OPTIMIZING Resources in Animal Production. p. 11-40.
- CRENSHAW, M. A.; DANIELSON, D. M. 1985. Raw soy beans for growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 60, p. 725-730.
- DE LANGE, C. F. M.; SAUER, W. C.; MOSENTHIN, R., SOUFFRANT, W.B. 1989. The effect of feeding different protein-free diets on the recovery and amino acid composition of endogenous protein collected from the distal ileum and feces in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 67, p. 746-754.
- DONKOH, A.; MOUGHAN, P. J. 1994. The effect of dietary crude protein content on apparent and true ileal nitrogen and amino acid digestibilities. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 72, p. 59-68.
- DRÉAU, D.; LALLÈS, J. P.; PHILOUZE-ROMÉ, V.; TOULLEC, R.; SALMON, H. 1994. Local and systemic immune responses to soybean protein ingestion in early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, p. 2090-2098.
- FABER, J. L.; ZIMMERMAN, D. R. 1973. Evaluation of infrared roasted and extruder-processed soybeans in baby pigs diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 36, p. 903-907.
- FAN, M. Z.; SAUER, W. C.; HARDIN, R. T.; LIEN, K. A. 1994. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in pigs: Effect of dietary amino acid level. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, p. 2851-2859.
- FAN, M. Z.; SAUER, W. C.; MCBURNEY, M. I. 1995. Estimation by regression analysis of endogenous amino acid level in digesta collected from distal ileum of pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 2319-2328.
- FAN, M. Z.; SAUER, W. C. 1995. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in barley and canola meal with the direct, difference and regression methods. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 2364-2374.
- FRIESEN, K. G.; GOODBAND, R. D.; NELSSSEN, J. L.; BLECHA, F.; REDDY, D. N.; REDDY P. G.; KATS, L. J. 1993a. The effect of pre- and postweaning exposure to soybean meal on growth performance and on the immune response in the early-weaned pig. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 2089-2098.
- FRIESEN, K. G.; NELSSSEN, J. L.; GOODBAND, R. D.; BEHNKE, K. C., KATS, L. J. 1993b. The effect of moist extrusion of soy products on growth performance and nutrient utilization in the early weaned pig. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 2099-2109.
- GABERT, V. M.; SAUER, W. C.; MOSENTHIN, R.; AHRENS, F. 1995. The effect of oligosaccharides and lactiol on the ileal digestibilities of amino acids, monosaccharides and bacterial population and metabolites in the small intestine of weanling pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 75, p. 99-100.

- GE, C. Y.; MORGAN, R. G. H. 1993. The effect of trypsin inhibitor on the pancreas and small intestine of mice. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 70, p. 333-345.
- GRANT, G.; DORWARD, P.; BUCHAN, W. C.; ARMOUR, J. C.; PUSZTAI, A. 1995. Consumption of diets containing raw soya beans (*Glycine max*), kidney beans (*Phaseolus vulgaris*), cowpeas (*Vigna unguiculata*) or lupin seeds (*Lupinus angustifolius*) by rats for up to 700 days: effects on body consumption and organ weights. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 73, p. 17-29.
- HAHN, J. D.; BIEHL, R. R.; BAKER, D. H. 1995. Ideal digestibility lysine level for early- and late finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 773-784.
- HANCOCK, J. D.; PEO Jr., E. R.; LEWIS A. J.; J. D. CRENSAW 1990a. Effects of ethanol extraction and duration of heat treatment of soybean flakes on the utilization of soybean protein by growing rats and pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 3233- 3243.
- HANCOCK J. D.; PEO Jr., E. R.; LEWIS, A. J.; MOXLEY, R. A. 1990b. Effects of ethanol extraction and heat treatment of soybean flakes on function and morphology of pig intestine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 3244-3251.
- HANSEN, B. C.; FLORES, E. R.; TANKSLEY Jr., T. D.; KNABE, D. A. 1987. Effects of different heat treatments during processing of soybean meal on nursery and growing pig performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 65, p. 1283-1291.
- HEALY, B. J.; GIESEMAN, M. A.; HANCOCK, J. D.; LEWIS, A. J.; JONES, D. B.; KOCH, K. B. 1990. Heat treatment and dietary lysine concentration affect the nutritional value of low inhibitor soybeans in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, sup. 1, p. 399. Resumo.
- HERKELMAN, K. L.; CROMWELL, G. L.; STAHLY, T. S.; PFEIFFER, T. W. 1990. Effects of feeding soybeans having low trypsin inhibitor on performance and pancreas weights of chicks. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, sup. 1, p. 1. Resumo.
- HERKELMAN, K. L.; CROMWELL, G. L.; STAHLY, T. S. 1991. Effects of heating time and sodium metabisulfite on the nutritional value of full-fat soybeans for chicks. **Journal of animal science**, Champaign, v. 69, p. 4477-4486.
- HERKELMAN, K. L.; CROMWELL, G. L.; PFEIFFER, T. W.; KNABE, D. A. 1992. Apparent digestibility of amino acids in raw and heated conventional and low trypsin inhibitor soybeans for pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, p. 818-826.
- HOLMES, J. H. G.; BAYLEY, H. S.; LEADBEATER, P. A.; HORNEY, F. D. 1974. Digestion of protein in small and large intestine of the pigs. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 32, p. 479-489.
- HUISMAN, J.; TOLMAN, G. H.; 1992. Antinutritional factors in the plant proteins of diets for non-ruminants. In: GARNSWORTHY, W. R.; COLE, D. J. A. (ED.) **Recent Advances in Animal Nutrition**. London. Butterworth. 224 p.
- HSU, J. T. e SATTER, L. D. 1995. Procedures for measuring the quality of heat-treated soybeans. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 78, p. 1353-1361.
- IKENAKA, T.; NORIOKA, S. 1986. Bowman-Birk family serine proteinase inhibitors. In: BARRET; SALVESN (Ed.) **Proteinase inhibitors**. Wageningen, Elsevier Science. Cap 9. pag 361-371.

- JORGENSEN, H.; SAUER, W. C.; THACKER, P. A. 1984. Amino acid availabilities in soybean meal, sunflower meal, fish meal and meat and bone meal fed to growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 58, p. 926-934.
- KERR, B. J.; EASTER, R. A.; 1995. Effect of feeding reduced protein, amino acid- supplemented diets on nitrogen and energy balance in grower pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 3000-3008.
- KHALIFA, F.; PROST, J.; BELLEVILLE, J.; SHARDA, L. 1994. Pancreatic digestive hydrolase activities in growing rats fed alternately on raw and heated soy-bean flour. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 72, p.533-544.
- KIDDER, D.E.; MANNERS, M. J. 1978.. **Digestion in the pig**. Oldfield Park, Kingston Press. Cap7, p. 150-171: Digestion of protein.
- KUNITZ, M. 1947. Crystalline soybean trypsin inhibitor. II. General properties. **Journal of General Physiology**, New York, v. 30, p. 291-310.
- LARBIER, M.; LECLERCQ, B. 1992. **Nutrition and feeding of poultry**. Loughborough. Nottingham University Press. Cap. 10, p. 223-265. Raw materials employed in poultry production.
- LEE, H.; GARLICH, J. D. 1992. Effect of overcooked soybean meal on chicken performance and amino acid availability. **Poultry Science**, Champaign, v. 71, p. 499-508.
- LI, D. F.; NELSSSEN, J. L.; BLECHA, F.; WEEDEN, P. G.; FITZNER, G. E.; JONES, D.; GOODBAND, R. D.; NICHOLSON, R. I. 1990. Dietary source of soybean proteins influence immunological responses and growth performance in starter pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, sup. 1, p. 357. Resumo.
- LI, D. F.; NELSSSEN, J. L.; REDDY, P. G.; BLECHA, F.; KLEMM, R. D.; GIESTING, D. W.; ALLEE J. D.; GOODBAND, R. D. 1991a. Measuring suitability of soybean products for early-weaned pigs with immunological criteria. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p. 3299-3307.
- LI, D. F.; NELSSSEN, J. L.; REDDY, P. G.; BLECHA, F.; KLEMM, R. D.; GOODBAND, R. D. 1991b. Interrelationship between hypersensitivity to soybean proteins and growth performance in early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p. 4062-4069.
- LI, S.; SAUER, W. C. 1994. The effect of dietary fat content on amino acid digestibility in young pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, p. 1737-1743.
- LI, S.; SAUER, W. C.; HARDEM, R. T. 1994. Effect of dietary fibre level on amino acid digestibility in young pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 74, p. 327-333.
- LIENER, I. E. 1989. Antinutritional factors in legume seeds: stage of the arts. In: HISMAN, J.; POEL, T. F. B. van der; LIENER, I. E. (Ed.). **Recent advances in antinutritional factors in legume seeds. Proceedings of the first international workshop on "Antinutritional factors (ANF) in legume seeds**. 1988. Wageningen, Pudoc 1989.
- LIENER, I. E., 1990. Naturally occurring toxic factors in animal feedstuffs. In: WISEMAN; COLE (Ed.). **Feedstuff evaluation**. London, Butterworth. Cap 22, p. 377.
- LLOYD, L. E.; McDONALD, B. E.; CRAMPTON, E. W. 1978. **Fundamental of nutrition**. 2th ed. San Francisco, W. H. Freeman. Cap. 10, p. 103-132: Protein and its metabolism
- LONGLAND, A C. 1993. Digestive enzyme activities in pigs and poultry. In: FULLER, M. F. (Ed.). **In vitro digestion for pigs and poultry**. 2. ed. Wallingford. CAB International. 209 p.

- LOW, A. G. 1982. The activity of pepsin, chymotrypsin and trypsin during 24 h periods in the small intestine of growing pigs. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 48, p. 147-159.
- MAKKINK, C. A.; NEGULESCU, G. P.; GUIXIN, Q.; VERSEGEN, M. W. A. 1994. Effect of dietary protein source on feed intake, growth, pancreatic enzyme activities and jejunal morphology in newly-weaned pigs. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 72, p. 353-368.
- MARTY, B. J.; CHAVEZ, E. R. 1993. Effects of heat processing on digestible energy and other nutrient digestible of full-fat soybeans fed to weaner grower and finisher pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 73, p. 411-419.
- MARTY, B. J.; CHAVEZ, E. R.; 1994. Apparent digestibility of protein and amino acids at the distal ileum and of protein and energy over the whole tract in several extruded soybean cultivar for pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 74, p. 675-678.
- MARTY, B. J.; CHAVES, E. R.; de LANGE, C. F. M.; 1994. Recovery of amino acids at the distal ileum for determining apparent and true ileal amino acids digestibilities in growing pigs fed various heat-processed full-fat soybean products. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, p. 2029-2037.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1988. **Nutrient requirements of swine**. 9th ed. Washington, National Academic Science. p. 2-62 .
- NEWPORT, M. J. 1979. Artificial rearing of pigs: 8. Effect of dietary protein level on performance, nitrogen retention and carcass composition. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 41, p. 95-98.
- NOLAND, P. R.; CAMPBELL, D. R.; GAGE JR., R. K.; SHARP R. N., JOHNSON, Z. B. 1976. Evaluation of processed soybeans and grains in diets for young pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 43, p. 763-769.
- PARSONS, C. M.; HASHIMOTO, K.; WEDEKIND, K. J.; HAN, Y.; BAKER, D. H. 1992. Effect of overprocessing on availability of amino acids and energy in soybean meal. **Poultry Science**, Champaign, v. 71, p. 133-140.
- PARSONS, C. M. 1993. Use of pepsin digestibility, multienzyme pH change and protein solubility assays to predict *in vivo* protein quality of feedstuffs. In: FULLER, M. F. (Ed). **In vitro digestion for pigs and poultry**. 2th edição, Wallingford CAB International . 209 p.
- PARSONS, C. M.; BACKER, D. H. 1994. The concept and use of ideal proteins in the feeding of nonruminants. IN: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO-RUMINANTES, 1994, Maringá. Maringá, SBZ. 128 p.
- PARTRIDGE, I. G.; KEAL, H. D.; MITCHELL, K. G. 1982a. The utilization of dietary cellulose by growing pigs. **Animal Production**, Bletchley, v 35, p. 209-214.
- PARTRIDGE, I. G.; LOW, A. G.; SAMBROOK, I. E.; CORRING, T. 1982b. The influence of diet on the exocrine pancreatic secretion of growing pigs. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v 48, p. 137-145.
- PICKFORD, J. R. 1992. Effects of processing on the stability of heat-labile nutrients in animal feeds. In: GARNSWORTHY, P. C.; HARRESIGN, W.; COLE, D. J. A. (Ed.). **Recent advances in animal nutrition**. London, Butterworth. 224 p.
- POWLES, J.; WISEMAN, J.; COLE, D. J. A.; HARDY, B. 1994. Effect of chemical structure of fats upon their apparent digestible energy value when given to young pigs. **Animal Production**, Bletchley, v. 58, p. 411-417.

- PUZSTAI, A. 1989. Biological effects of dietary lectins. In: HUISMAN, J.; POEL, T. F. B. VAN DER; LIENER, I. E. (Ed.). **Recent advances in antinutritional factors in legume seeds. Proceedings of the First International Workshop on antinutritional factors (ANF) in legume seeds.** Wageningen, Pudoc. 389 p.
- PUSZTAI, A.; GRANT, G.; BROWN, D. J.; STEWART, J. C.; BARDOCZ, S.; EWEN, S. W.; GATEHOUSE, A. M. R.; HILDER, V. 1992. Nutritional evaluation of the trypsin (EC 3.4.21.4) inhibitor from cowpea (*Vigna unguolata* Walp.). **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 68, p. 783-791.
- PUSZTAI, A.; BEGBIE, R.; GRANT, G.; EWEN, S. W. B.; BARDOCZ, S. 1993. Indirect effects of food antinutrients on protein digestibility and nutritional value of diets. In: FULLER, M. F. (Ed.) **In vitro digestion for pigs and poultry.** Wellingford, CAB International. 209 p.
- QUINIOU, N.; NOBLET, J.; van MILGEN, J.; DOURMAND, J. V. 1995. Effect of energy intake on performance, nutrient and tissue gain and protein and energy utilization in growing boars. **Animal Science**, Bletchley, v. 61, p. 133-143.
- RACKIS, J. J. 1965. Physiological properties of soybean trypsin inhibitors and their relationship to pancreatic hypertrophy and growth inhibition of rats. **Federation Proceedings**, Bethesda, v. 24, p. 1488-1493.
- READ, N.; FRENCH, S. e CUNNINGHAM, K. 1994. The role of the gut in regulating food intake in man. **Nutrition Reviews**, Lawrence, v. 52, p. 1-10.
- RODHOUSE, S. L.; HERKELMAN, K. L.; VEUM, T. L. 1992. Effect of extrusion on the ileal and fecal digestibilities of lysine, nitrogen and energy in diets for young pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, p. 827-835.
- RUDOLPH, B. C.; BOGGS, L. S.; KNABE, D. A.; TANKSLEY JR., T. D.; ANDERSON, S. A. 1983. Digestibility of nitrogen and amino acids in soybean products for pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 57, p. 373- 386.
- SAUER, W. C.; MONSENTIN, R.; AHERNS, F.; den HARTOG, L. A. 1991. The effect of source of fiber on ileal and fecal amino acid digestibility and bacterial nitrogen excretion in growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p. 4070-4077.
- SEERLEY, R. W.; EMBERSON, J. W.; CAMPBELL, H. C.; BURDICK, D.; GRIMES, W. 1974. Cooked soybeans in swine and rats diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 39, p. 1082-1091.
- TRINDADE, H. F., 1982. **Grão de soja tostado: Avaliação bioquímica do processamento e resposta produtiva de suínos a rações com níveis crescentes de grão tostado.** Porto Alegre, Instituto de Biociências, UFRGS. 82 p. Dissertação mestrado em Ciências Biológicas-bioquímica.
- UVNÄS-MOBERG, K. 1990. Endocrinologic control of food intake. **Nutrition Reviews**, Lawrence, v. 48, p. 57-63.
- VAN BARNEVELD, R. J.; BATTERHAM, L. E. S.; NORTON, B. W. 1994a. The effect of heat on amino acid for growing pigs. 1. A comparison of ileal and faecal digestibilities of amino acids in raw and heat- treated peas (*Pisum sativum* cultivar Dundale). **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 72, p. 221-241.

- VAN BARNEVELD, R. J.; BATTERHAM, L. E. S.; NORTON, B. W. 1994b. The effect of heat on amino acid for growing pigs. 2. Utilization of ileal- digestible lysine from heat- treated peas (*Pisum sativum* cultivar Dundale). **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 72, p. 243-256.
- VAN BARNEVELD, R. J.; BATTERHAM, L. E. S.; NORTON, B. W. 1994c. The effect of heat on amino acid for growing pigs. 3. The availability of lysine from heat- treated field peas (*Pisum sativum* cultivar Dundale) determined using the slope- ratio assay. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 72, p. 257-275.
- VAN BARNEVELD, R. J.; BATTERHAM, L. E. S.; SKINGLE, D. C.; NORTON, B. W. 1995. The effect of heat on amino acid for growing pigs. 4. Nitrogen balance and urine, serum and plasma composition of growing pigs fed on raw or heat- treated field peas (*Pisum sativum*). **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 73, p. 259-273.
- VAN SOEST, P. J. 1994. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2th ed. New York, Cornell University Press. Cap 11: Carbohydrates.
- VANDER, A. J.; SHERMAN, J. H.; LUCIANO, D. 1990. **Human Physiology: the mechanisms of body function**. 5th ed. Cap 16: The digestion and absorption of food.

7. APÊNDICES

Apêndice 1- Peso inicial (g) e peso inicial metabólico ($PC^{0,75}$), peso final (g) e peso final metabólico ($PC^{0,75}$) e ganho de peso (g) dos suínos (Experimento 1).

Tratamento Térmico	Lisina(%)	Peso Inicial		Peso Final		Ganho de Peso
		Corporal	Metabólico	Corporal	Metabólico	Corporal
Soja Crua	85	16000	8,00	17800	8,67	1800
Soja Crua	85	15000	7,62	16300	8,11	1300
Soja Crua	85	17200	8,45	18100	8,78	900
Soja Crua	100	20000	9,46	21500	9,98	1500
Soja Crua	100	15700	7,89	18000	8,74	2300
Soja Crua	100	16500	8,19	19200	9,17	2700
Soja Tostada Normal	85	16500	8,19	20000	9,46	3500
Soja Tostada Normal	85	14500	7,43	17000	8,37	2500
Soja Tostada Normal	85	16000	8,00	18500	8,92	2500
Soja Tostada Normal	100	18600	8,96	22600	10,37	4000
Soja Tostada Normal	100	16400	8,15	20200	9,53	3800
Soja Tostada Normal	100	15500	7,81	19000	9,10	3500
Soja Tostada Dobro do Tempo	85	16500	8,19	19000	9,10	2500
Soja Tostada Dobro do Tempo	85	16000	8,00	19000	9,10	3000
Soja Tostada Dobro do Tempo	85	16000	8,00	18000	8,74	2000
Soja Tostada Dobro do Tempo	100	17500	8,56	22400	10,30	4900
Soja Tostada Dobro do Tempo	100	15500	7,81	17800	8,67	2300
Soja Tostada Dobro do Tempo	100	16000	8,00	20500	9,63	4500
Média		16411	8,15	19161	9,16	2750

Apêndice 4- Sobras de ração diária e total (Experimento 1).

Tratamento Térmico	18.08	19.08	20.08	21.08	22.08	Sobra Total (g)	Matéria Seca(%)	Sobra Total (MS)
Soja Crua	960	927	1399	830	366	4482	66,2	2969
Soja Crua	857	906	1560	1080	316	4719	66,1	3118
Soja Crua	1277	869	1301	863	535	4845	68,1	3304
Soja Crua	943	1216	1715	1493	434	5801	51,0	2958
Soja Crua	1195	1111	1284	1196	435	5221	62,7	3274
Soja Crua	1654	1705	2109	1270	461	7199	54,2	3902
Soja Tostada Normal	1269	949	1045	1053	454	4770	59,1	2817
Soja Tostada Normal	1022	1199	1337	899	226	4683	66,4	3108
Soja Tostada Normal	816	847	1639	1276	685	5263	50,4	2655
Soja Tostada Normal	901	1150	1197	775	503	4526	60,6	2745
Soja Tostada Normal	1094	714	1116	794	245	3963	65,5	2595
Soja Tostada Normal	945	748	1024	752	369	3838	56,8	2181
Soja Tostada Dobro do Tempo	989	1064	1127	830	294	4304	72,2	3107
Soja Tostada Dobro do Tempo	739	982	1574	602	829	4726	57,2	2704
Soja Tostada Dobro do Tempo	891	910	1033	780	525	4139	53,7	2223
Soja Tostada Dobro do Tempo	790	638	1208	756	512	3904	61,7	2410
Soja Tostada Dobro do Tempo	935	1216	1743	409	650	4953	55,7	2760
Soja Tostada Dobro do Tempo	748	500	1126	465	504	3343	53,5	1790

Apêndice 5- Consumo de matéria seca (MS), de proteína (PB) e energia (EB), excreção fecal de MS, PB e EB e coeficientes de digestibilidade de MS, PB e EB (Experimento 1).

Tratamento Térmico	Lisina (%)	Consumo (g)			Excreção Fecal (g)			Coeficiente Digestibilidade (%)		
		MS	PB	EB	MS	PB	EB	MS	PB	EB
Soja Crua	85	4133	419	18638	326	94	1567	92,11	77,56	91,59
Soja Crua	85	4318	438	19473	538	101	2651	87,54	76,98	86,39
Soja Crua	85	4469	453	20153	665	167	3127	85,12	63,07	84,48
Soja Crua	100	3625	430	15887	189	40	912	94,78	90,62	94,26
Soja Crua	100	4249	504	18621	665	154	3253	84,35	69,47	82,53
Soja Crua	100	4555	541	19991	427	91	1976	90,62	83,21	90,11
Soja Tostada Normal	85	4859	509	21915	490	87	2292	89,92	82,88	89,54
Soja Tostada Normal	85	4405	462	19866	399	74	1852	90,95	83,91	90,68
Soja Tostada Normal	85	4709	493	21203	292	58	1348	93,80	88,17	93,64
Soja Tostada Normal	100	5334	641	24437	524	86	2489	90,18	86,59	89,81
Soja Tostada Normal	100	4918	591	22531	634	113	2875	87,10	80,89	87,24
Soja Tostada Normal	100	4767	573	21842	695	119	3053	85,42	79,17	86,02
Soja Tostada Dobro do Tempo	85	5292	566	23407	554	114	2461	89,52	79,90	89,49
Soja Tostada Dobro do Tempo	85	4836	517	21318	329	71	1523	93,20	86,29	92,86
Soja Tostada Dobro do Tempo	85	4433	474	19540	608	106	2640	86,28	77,58	86,49
Soja Tostada Dobro do Tempo	100	5789	680	25463	640	161	2968	88,94	76,33	88,34
Soja Tostada Dobro do Tempo	100	4817	566	2187	625	126	2584	87,03	77,76	87,81
Soja Tostada Dobro do Tempo	100	5168	607	22732	407	92	1999	92,12	84,85	91,20

Apêndice 6- Análise de variância do parâmetro consumo de matéria seca (Experimento 1).

Causas de Variação	GL	SQ	QM	Valor F	Prob. > F
Tratamento Térmico	2	2218627,44	1109313,72	8,1201	0,00611
Lisina (%)	1	173656,89	173656,89	1,2712	0,2848
Trat. Térm * Lisina(%)	2	294104,11	147052,06	1,0764	0,37297
Resíduo	12	1639354,67	136612,89		
Total	17	4325743,11			

Coeficiente de Variação: 7,86%

Apêndice 7- Análise de variância para o parâmetro consumo de proteína bruta (Experimento 1).

Causas de Variação	GL	SQ	QM	Valor F	Prob. > F
Tratamento Térmico	2	35820,11	17910,06	9,9960	0,00311
Lisina (%)	1	35733,56	35733,56	19,9437	0,00104
Trat Term. * Lisina (%)	2	2786,78	1393,39	0,7777	0,51518
Resíduo	12	21500,67	1791,72		
Total	17	95841,12			

Coeficiente de Variação: 8,051%

Apêndice 8- Análise de variância da variável consumo de energia bruta (Experimento1).

Causas de Variação	GL	SQ	QM	Valor F	Prob. >F
Tratamento Térmico	2	44541890,33	22270945,1 7	8,2153	0,00589
Lisina (%)	1	2862426,899	2862426,89 9	1,0559	0,32572
Trat Térm. * Lisina (%)	2	9521104,78	4760552,39	1,7561	0,21348
Resíduo	12	32530758,00	2710896,50		
Total	17	89456180,01			

Coeficiente de variação: 7,84%

Apêndice 9- Análise de variância da variável excreção fecal de matéria seca (Experimento 1).

Causas de Variação	GL	SQ	QM	Valor F	Prob. > F
Tratamento Térmico	2	10634,78	5317,39	0,2243	0,80394
Lisina (%)	1	20334,72	20334,72	0,8579	0,62446
Trat. Térm. * Lisina (%)	2	70640,11	35320,06	1,40902	0,26379
Resíduo	12	284424,67	23702,06		
Total	17	386034,28			

Coeficiente de variação: 30,767%

Apêndice 10- Análise de variância da variável excreção fecal de proteína bruta (Experimento 1).

Causas de Variação	GL	SQ	QM	Valor F	Prob. > F
Tratamento Térmico	2	1684,33	842,17	842,17	0,7100
Lisina (%)	1	672,22	672,22	672,22	0,5667
Trat. Térm. * Lisina (%)	2	3240,11	1620,06	1620,06	1,3659
Resíduo	12	14233,33	1186,11	1186,11	
Total	17	19830,00			

Apêndice 11- Análise de variância da variável excreção fecal de energia bruta (Experimento 1).

Causas de Variação	GL	SQ	QM	Valor F	Prob. > F
Tratamento Térmico	2	40244,78	20122,39	0,0414	0,95997
Lisina (%)	1	389550,22	389550,22	0,8012	0,60807
Trat. Térm. * Lisina (%)	2	1421211,44	710605,72	1,4615	0,27001
Resíduo	12	5834694,00	486224,50		
Total	17	7685700,44			

Coeficiente de variação = 30,19%

Apêndice 12- Análise de variância da variável coeficiente de digestibilidade da matéria seca (Experimento 1).

Causas de Variação	GL	SQ	QM	Valor F	Prob. > F
Tratamento Térmico	2	0,8198205	0,4099103	0,0358	0,96546
Lisina (%)	1	3,4644622	3,4644622	0,3029	0,59758
Trat. Térm. * Lisina (%)	2	24,6870069	12,3435035	1,0790	0,37212
Resíduo	12	137,2708464	11,4392372		
Total	17	166,242136			

Coeficiente de variação = 3,78%

Apêndice 13- Análise de variância da variável coeficiente de digestibilidade de proteína bruta (Experimento 1).

Causas de Variação	GL	SQ	QM	Valor F	Prob. > F
Tratamento Térmico	2	137,58	68,79	1,6705	0,22834
Lisina (%)	1	8,61	8,81	0,2091	0,65894
Trat. Térm. * Lisina (%)	2	115,93	57,96	1,4075	0,2820
Resíduo	12	494,17	41,18		
Total	17	756,29			

Coeficiente de variação = 7,99%

Apêndice 14- Análise de variância da variável coeficiente de digestibilidade de energia bruta (Experimento 1).

Causas de Variação	GL	SQ	QM	Valor F	Prob. > F
Tratamento Térmico	2	5,80	2,90	0,2464	0,78761
Lisina (%)	1	3,41	3,41	0,2896	0,60551
Trat. Térm. * Lisina (%)	2	19,65	9,83	0,8347	0,53906
Resíduo	12	141,25	11,77		
Total	17	170,11			

Coeficiente de variação = 3,85%

Apêndice 15- Peso inicial (g) e peso inicial metabólico (PC^{0,75}), peso final (g) e peso final metabólico (PC^{0,75}), ganho de peso (g) e ganho de peso metabólico (PC^{0,75}) dos suínos (Experimento 2, Fase 1).

Tratamento Térmico	Lisina	Suplementação	Peso Inicial		Peso Final		Ganho de Peso
	(%)	Aminoácido	Corporal	Metabólico	Corporal	Corporal	Metabólico
Soja Tostada	80	0	15600	7,85	17500	1900	1,62
Soja Tostada	80	Metionina	15500	7,81	19100	3600	2,61
Soja Tostada	80	Treonina	15800	7,92	19100	3300	2,45
Soja Tostada	100	0	18600	8,96	22200	3600	2,61
Soja Tostada	100	Metionina	15800	7,92	18500	2700	2,10
Soja Tostada	100	Treonina	17500	8,56	20900	3400	2,50
Soja Tostada	120	0	18200	8,81	19500	1300	1,22
Soja Tostada	120	Metionina	18800	9,03	21800	3000	2,28
Soja Tostada	120	Treonina	18100	8,78	21800	3700	2,67
Soja Tostada Dobro Tempo	80	0	17500	8,56	19600	2100	1,74
Soja Tostada Dobro Tempo	80	Metionina	19500	9,28	22600	3100	2,34
Soja Tostada Dobro Tempo	80	Treonina	20000	9,46	23000	3000	2,28
Soja Tostada Dobro Tempo	100	0	18200	8,81	21500	3300	2,45
Soja Tostada Dobro Tempo	100	Metionina	19000	9,10	23400	4400	3,04
Soja Tostada Dobro Tempo	100	Treonina	15000	7,62	17700	2700	2,11
Soja Tostada Dobro Tempo	120	0	20700	9,70	24600	3900	2,78
Soja Tostada Dobro Tempo	120	Metionina	17000	8,37	20400	3400	2,50
Soja Tostada Dobro Tempo	120	Treonina	14800	7,55	17700	2900	2,22
Média			17533	8,56	20606	3072	2,31

Apêndice 16- Peso inicial (g) e peso inicial metabólico ($PC^{0,75}$), peso final (g) e peso final metabólico ($PC^{0,75}$) e ganho de peso (g) dos suínos (Experimento 2, Fase 2).

Tratamento Térmico	Lisina	Suplementação	Peso Inicial		Peso Final		Ganho de Peso
	(%)	Aminoácido	Corporal	Metabólico	Corporal	Metabólico	Corporal
Soja Tostada	80	0	19600	9,32	23200	10,57	3600
Soja Tostada	80	Metionina	22600	10,37	26200	11,58	3600
Soja Tostada	80	Treonina	19300	9,21	22500	10,33	3200
Soja Tostada	100	0	23000	10,50	27000	11,84	4000
Soja Tostada	100	Metionina	23400	10,64	26500	11,68	3100
Soja Tostada	100	Treonina	18500	8,92	21600	10,01	3100
Soja Tostada	120	0	24600	11,04	29500	12,66	4900
Soja Tostada	120	Metionina	21800	10,09	25300	11,28	3500
Soja Tostada	120	Treonina	17700	8,63	21800	10,09	4100
Soja Tostada Dobro Tempo	80	0	22200	10,23	25900	11,48	3700
Soja Tostada Dobro Tempo	80	Metionina	19100	9,14	22500	10,33	3400
Soja Tostada Dobro Tempo	80	Treonina	19100	9,14	23000	10,50	3900
Soja Tostada Dobro Tempo	100	0	18500	8,92	21800	10,09	3300
Soja Tostada Dobro Tempo	100	Metionina	20900	9,77	24000	10,84	3100
Soja Tostada Dobro Tempo	100	Treonina	21500	9,98	23500	10,67	2000
Soja Tostada Dobro Tempo	120	0	17500	8,56	21100	9,84	3600
Soja Tostada Dobro Tempo	120	Metionina	17000	8,37	20400	9,99	3400
Soja Tostada Dobro Tempo	120	Treonina	18100	8,78	21800	10,09	3700
Média			20581	9,65	24088	10,86	3506

Apêndice 17- Análise de variância da variável ganho de peso (Experimento 2).

Causas de Variação	GL	SQ	QM	Valor F	Prob > F
Bloco	1	2560000,00	2560000,00	4,2029	0,05862
Tratamento Térmico	1	27777,78	27777,78	0,0456	0,82823
Lisina(%)	2	1153888,89	576944,44	0,9472	0,58458
Suplementação aminoácidos	2	135555,56	67777,78	0,1113	0,89502
Trat * Lisina(%)	2	440555,56	220277,78	0,3616	0,70749
Trat * Suplementação	2	548888,89	274444,44	0,4506	0,65153
Lisina (%) * Suplementação	4	2316111,11	579027,78	0,9506	0,53244
Trat * Lis(%) * Suplem.	4	1672777,78	408194,44	0,6702	0,62627
Bloco * Trat * Lis(%) * Suplem	4	2591666,67	647916,67	1,0637	0,41401
Resíduo	13	7918333,33	609102,56		
Total	35	19,326			

Coeficiente de variação: 3,34%

Apêndice 18- Consumo de matéria seca(MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB), excreção fecal de MS, PB, EB e coeficiente de digestibilidade da MS, PB, EB (Experimento 2, Fase 1).

Tratamento Térmico	Lisina	Suplementação	Consumo(g/PC ^{0,75})			Excreção fecal (g/PC ^{0,75})			C. Digestibilidade (%)		
	(%)	Aminoácidos	MS	PB	EB	MS	PB	EB	MS	PB	EB
Soja Tostada	80	0	432,4	45,5	2161	40,9	11,1	195	90,53	75,55	90,96
Soja Tostada	80	Metionina	432,2	56,39	2500	38,9	7,5	182	91,01	86,64	92,74
Soja Tostada	80	Treonina	432,4	45,13	2108	24,1	4,0	108	94,42	91,07	94,88
Soja Tostada	100	0	439,0	63,86	1864	37,3	11,4	171	91,51	82,21	90,83
Soja Tostada	100	Metionina	437,7	64,59	2340	39,0	11,7	185	91,09	81,94	92,11
Soja Tostada	100	Treonina	439,9	64,50	2015	29,2	6,9	136	93,36	89,37	93,23
Soja Tostada	120	0	438,2	75,27	2009	69,1	19,1	316	84,23	74,64	84,26
Soja Tostada	120	Metionina	438,7	70,76	2020	65,9	15,5	324	84,97	78,15	83,97
Soja Tostada	120	Treonina	436,0	78,81	2505	51,4	14,4	243	88,20	81,74	90,30
Soja Tostada Dobro Tempo	80	0	437,5	56,54	1980	44,5	12,2	205	89,84	78,48	89,66
Soja Tostada Dobro Tempo	80	Metionina	437,7	50,18	1908	32,2	9,9	153	92,63	80,19	91,96
Soja Tostada Dobro Tempo	80	Treonina	438,2	49,84	1900	44,4	8,6	207	89,86	82,72	89,10
Soja Tostada Dobro Tempo	100	0	440,2	74,06	2422	41,6	10,8	203	90,55	85,39	91,62
Soja Tostada Dobro Tempo	100	Metionina	437,1	62,89	2116	44,4	6,3	207	89,84	89,97	90,20
Soja Tostada Dobro Tempo	100	Treonina	438,2	66,49	2144	49,8	14,0	241	88,64	78,91	88,76
Soja Tostada Dobro Tempo	120	0	441,2	79,78	1997	56,6	13,1	262	87,16	83,56	86,89
Soja Tostada Dobro Tempo	120	Metionina	438,7	75,80	2290	54,5	16,0	262	87,57	78,90	88,55
Soja Tostada Dobro Tempo	120	Treonina	434,7	74,35	2377	48,2	13,3	232	88,91	82,07	90,26

Apêndice 19- Consumo de matéria seca(MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB), excreção fecal de MS, PB, EB e coeficiente de digestibilidade da MS, PB, EB (Experimento 2, Fase 2).

Tratamento Térmico	Lisina (%)	Suplementação Aminoácidos	Consumo(g/P ^{0,75})			Excreção fecal (g/PC ^{0,75})			C. Digestibilidade (%)		
			MS	PB	EB	MS	PB	EB	MS	PB	EB
Soja Tostada	80	0	432,4	45,52	1681	46,59	9,49	228	89,23	79,16	86,41
Soja Tostada	80	Metionina	342,1	56,44	1802	78,92	16,03	367	81,74	71,59	79,61
Soja Tostada	80	Treonina	432,5	45,18	1668	33,99	7,23	168	91,14	84,00	89,85
Soja Tostada	100	0	439,0	63,89	1706	43,61	8,47	211	90,07	86,74	87,65
Soja Tostada	100	Metionina	437,8	64,57	1790	52,82	8,71	251	87,93	86,51	85,99
Soja Tostada	100	Treonina	439,9	64,46	1744	60,54	10,60	282	86,24	83,55	83,80
Soja Tostada	120	0	439,2	57,13	1725	59,93	10,78	289	86,32	81,13	83,27
Soja Tostada	120	Metionina	438,7	70,77	1781	68,00	12,96	334	84,50	81,69	81,26
Soja Tostada	120	Treonina	436,0	78,80	1894	59,68	10,96	283	86,31	86,09	85,07
Soja Tostada Dobro Tempo	80	0	437,5	56,51	1709	66,29	12,85	303	84,85	77,26	82,25
Soja Tostada Dobro Tempo	80	Metionina	437,7	50,13	1749	71,91	12,35	324	83,57	75,35	81,47
Soja Tostada Dobro Tempo	80	Treonina	438,1	49,48	1765	58,89	10,66	267	86,56	78,59	84,86
Soja Tostada Dobro Tempo	100	0	440,2	74,10	1802	67,49	13,59	323	84,67	81,67	82,09
Soja Tostada Dobro Tempo	100	Metionina	437,1	62,92	1820	61,89	10,45	300	85,84	83,38	83,51
Soja Tostada Dobro Tempo	100	Treonina	438,2	66,50	1810	66,20	15,02	337	84,89	77,42	81,37
Soja Tostada Dobro Tempo	120	0	441,3	79,83	1853	73,98	15,68	360	83,24	80,36	80,56
Soja Tostada Dobro Tempo	120	Metionina	438,8	75,83	1827	71,76	16,06	342	83,65	78,82	81,30
Soja Tostada Dobro Tempo	120	Treonina	434,6	74,38	1742	65,42	12,56	311	84,95	83,11	82,16

Apêndice 20- Análise de variância da variável excreção fecal de matéria seca (gMS/P^{0,75})
(Experimento 2).

Causas de Variação	GL	SQ	QM	Valor F	Prob > F
Tratamento Térmico	1	381	381	1,8173	0,19188
Lisina(%)	2	1349	674	3,2147	0,06278
Suplementação aminoácidos	2	338	169	0,8050	0,53390
Trat * Lisina(%)	2	232	116	0,5530	0,58947
Trat * Suplementação	2	288	144	0,6856	0,52049
Lisina (%) * Suplementação	4	355	88	0,4228	0,79171
Trat * Lis(%) * Suplem.	4	193	48	0,2296	0,91686
Resíduo	18	3776	210		
Total	35	6910,79			

Coeficiente de variação: 27,12%

Apêndice 21- Análise de variância para a variável excreção fecal de proteína bruta
(gPB/P^{0,75}).

Causas de Variação	GL	SQ	QM	Valor F	Prob > F
Tratamento Térmico	1	19,64	19,64	2,8549	0,10559
Lisina(%)	2	116,40	58,20	8,4339	0,00291
Suplementação aminoácidos	2	18,65	9,32	1,3510	0,28370
Trat * Lisina(%)	2	4,35	2,18	0,3155	0,73727
Trat * Suplementação	2	19,18	9,59	1,3900	0,27410
Lisina (%) * Suplementação	4	44,00	11,00	1,5940	0,21838
Trat * Lis(%) * Suplem.	4	23,56	5,89	0,8536	0,51153
Resíduo	18	124,22	6,90		
Total	35	370			

Coeficiente de Variação = 22,50%

Apêndice 22- Análise de variância da variável excreção fecal de energia bruta (kcal EB/P^{0,75}) (Experimento 2).

Causas de Variação	GL	SQ	QM	Valor F	Prob > F
Tratamento Térmico	1	8899	8899	1,9349	0,17847
Lisina(%)	2	34703	17352	3,7728	0,04184
Suplementação aminoácidos	2	7313	3657	0,7951	0,52958
Trat * Lisina(%)	2	6563	3282	0,7135	0,50717
Trat * Suplementação	2	8115	4058	0,8822	0,56604
Lisina (%) * Suplementação	4	8745	2196	0,4775	0,75392
Trat * Lis(%) * Suplem.	4	3044	761	0,1655	0,905094
Resíduo	18	82785	4599		
Total	35	160208			

Coeficiente de variação = 26,79%

Apêndice 23- Análise de variância para a variável coeficiente de digestibilidade da matéria seca (Experimento 2).

Causas de Variação	GL	SQ	QM	Valor F	Prob > F
Tratamento Térmico	1	18,18	18,18	1,6433	0,21411
Lisina(%)	2	68,06	34,03	3,0764	0,06963
Suplementação aminoácidos	2	15,43	7,71	0,6974	0,51482
Trat * Lisina(%)	2	12,27	6,14	0,5546	0,58854
Trat * Suplementação	2	14,25	7,12	0,6440	0,54108
Lisina (%) * Suplementação	4	17,17	4,29	0,3881	0,81549
Trat * Lis(%) * Suplem.	4	8,58	2,15	0,1939	0,93656
Resíduo	18	199,11	11,06		
Total	35	353,05			

Coeficiente de variação: 3,79%

Apêndice 24- Análise de variância da variável coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (Experimento 2).

Causas de Variação	GL	SQ	QM	Valor F	Prob > F
Tratamento Térmico	1	23,62	23,62	1,5244	0,23120
Lisina(%)	2	99,46	49,73	3,2098	0,06301
Suplementação aminoácidos	2	54,91	27,45	1,7718	0,19722
Trat * Lisina(%)	2	21,67	10,84	0,6994	0,51387
Trat * Suplementação	2	69,64	34,82	2,2472	0,13311
Lisina (%) * Suplementação	4	108,46	27,12	1,7500	0,18248
Trat * Lis(%) * Suplem.	4	37,43	9,36	0,6039	0,66767
Resíduo	18	278,89	15,49		
Total	35	694,08			

Coeficiente de variação: 4,83%

Apêndice 25- Análise de variância da variável coeficiente de digestibilidade da energia bruta (Experimento 2).

Causas de Variação	GL	SQ	QM	Valor F	Prob > F
Tratamento Térmico	1	24,03	24,03	0,9353	0,65174
Lisina(%)	2	66,02	33,01	1,2847	0,30088
Suplementação aminoácidos	2	20,54	10,27	0,3997	0,68121
Trat * Lisina(%)	2	16,86	8,43	0,3281	0,72861
Trat * Suplementação	2	20,45	10,23	0,3980	0,68228
Lisina (%) * Suplementação	4	32,39	8,10	0,3151	0,86414
Trat * Lis(%) * Suplem.	4	5,81	1,45	0,0565	0,99083
Resíduo	18	462,47	25,69		
Total	35	648,57			

Coeficiente de variação: 5,84%

Apêndice 26-Temperaturas máxima, mínima e amplitude diária (Experimento 1)

Data	Temperatura (°C)		
	Máxima	Mínima	Amplitude
17.08.1995	15	11	4
18.08.1995	16	12	4
19.08.1995	16	14	2
20.08.1995	17	11	6
21.08.1995	22	10	12
22.08.1995	25	15	10
23.08.1995	28	15	13
24.08.1995	30	24	6
Médias	21	14	7

Apêndice 27- Temperaturas máxima, mínima e amplitude diária (Experimento 1)

Data	Temperatura (°C)		
	Máxima	Mínima	Amplitude
10.10.1995	21	12	9
11.10.1995	25	13	12
12.10.1995	25	18	7
13.10.1995	20	13	7
14.10.1995	21	11	10
15.10.1995	25	15	10
16.10.1995	28	14	14
17.10.1995	26	14	12
18.10.1995	24	12	12
19.10.1995	26	17	11
20.10.1995	24	18	6
21.10.1995	21	13	8
22.10.1995	24	14	10
23.10.1995	29	15	14
24.10.1995	30	18	12
25.10.1995	34	20	14
26.10.1995	23	21	2
Médias	25	15	10

Apêndice 28- Energia digestível calculada das dietas contendo soja crua, soja tostada e soja tostada dobro tempo (Experimento 1).

Tratamento Térmico	Lisina (% NRC)	ED (kcal)
Soja Crua	85	3426
Soja Crua	100	3445
Soja Tostada	85	3532
Soja Tostada	100	3523
Soja Tostada Dobro Tempo	85	3511
Soja Tostada Dobro Tempo	100	3521

Apêndice 29- Energia digestível calculada das dietas contendo soja tostada e soja tostada dobro do tempo (Experimento 2).

Tratamento Térmico	Lisina (%NRC)	Suplementação	ED (kcal)
Soja Tostada	80	0	3448
Soja Tostada	80	Met	3594
Soja Tostada	80	Thr	3566
Soja Tostada	100	0	3500
Soja Tostada	100	Met	3587
Soja Tostada	100	Thr	3504
Soja Tostada	120	0	3324
Soja Tostada	120	Met	3354
Soja Tostada	120	Thr	3854
Soja Tostada Dobro Tempo	80	0	3359
Soja Tostada Dobro Tempo	80	Met	3464
Soja Tostada Dobro Tempo	80	Thr	3504
Soja Tostada Dobro Tempo	100	0	3554
Soja Tostada Dobro Tempo	100	Met	3617
Soja Tostada Dobro Tempo	100	Thr	3514
Soja Tostada Dobro Tempo	120	0	3515
Soja Tostada Dobro Tempo	120	Met	3535
Soja Tostada Dobro Tempo	120	Thr	3455