# 7. Zusammenfassungen

## 7.1. Zusammenfassung

In Schlachthofproben von Lebergewebe, Unterhaut- bez. Höcker- und perirenalem Fettgewebe von männlichen Kamelen (n = 12) und einheimischen, männlichen Rindern (n = 11) aus der Gesira-Provinz im Sudan wurden die Enzymaktivitäten von maßgeblich an der Fettsäurebiosynthese beteiligten Enzymen (ACC, CCE, ME, ICDH, G-6-PDH, 6-PGDH) gemessen, um die Beteiligung dieser Gewebe und verschiedener Stoffwechselwege an der FSS zu untersuchen. Gleichzeitig erfolgte die Ermittlung der genannten Enzymaktivitäten in der Leber und im epididymalen Fettgewebe der männlichen Ratte (n = 7 Pools aus n = 20 Ratten; Labortierfutter-Diät).
In einem zweiten in Khartoum durchgeführten Experiment wurden dieselben Enzyme in bioptisch gewonnenen Proben aus dem Hökkerfettgewebe von energiereich gefütterten und zwei Tage gefasteten Kamelbullen (n = 3) bestimmt. Ziel dieses Versuches war es, adaptive Eigenschaften der genannten Enzyme des Höckerfettgewebes zu erfassen.

Die Aktivität der ACC ließ sich an Hand des Einbaues von $^{14}CO_2$ (aus $NaH^{14}CO_3$) in Acetat verfolgen, während für die anderen Fermente Ansätze des optischen Testes an die Verhältnisse der behandelten Spezies adaptiert wurden. Die Angabe der Enzymaktivitäten erfolgte in Bezug auf lösliches Protein und Frischgewicht der Gewebe.

Es ergaben sich folgende Resultate:

1.) Die ACC zeigte in allen untersuchten Geweben und bei beiden Bezugssystemen die niedrigsten Aktivitäten aller erfaßten Enzyme; dabei wurden für die Ratte innerhalb der drei untersuchten Spezies die höchsten Umsatzraten festgestellt [Ratte-Leber: 3,81 ± 0,17 nmol Malonyl-CoA x $min^{-1}$ x mg $Protein^{-1}$; 339,5 ± 15,34 nmol Malonyl-CoA x $min^{-1}$ x g $Gewebe^{-1}$].

2.) Hinsichtlich der CCE und des ME entwickelten Rind und Kamel im Vergleich zur Ratte sehr niedrige Umsatzraten (s. Anhang-Tab. 1 und 2).

3.) Die ICDH und die "Shunt"-Enzyme waren vor allem in den Fettgeweben des Rindes, aber auch des Kamels hoch aktiv, während für das Fettgewebe der Ratte wesentlich niedrigere Werte erfaßt wurden (s. Anhang-Tab. 1 und 2).

4.) Ein Vergleich der Daten von Leber- und Fettgewebe macht deutlich, daß beim Rind und in abgeschwächter Weise auch beim Kamel in den Depotfettgeweben höhere Fettsäurebiosyntheseaktivitäten vorhanden sind als im Lebergewebe. Dies stellt sich bei der Ratte umgekehrt dar.

5.) Im Höckerfettgewebe zwei Tage gefasteter Kamele kam es zu einer 50%igen Abnahme der ACC-Aktivität. Die anderen untersuchten Enzyme zeigten, mit Ausnahme des ME, geringere

Aktivitätsverluste (CCE: 40 %; ICDH: 28 %; G-6-PDH: 23 %; 6-PGDH: 12 %). Im Vergleich zu den Resultaten des Schlachthofversuches stellten sich ACC und CCE bei gefütterten Tieren in diesem Versuch erheblich aktiver dar [6 bzw. 30 nmol Malonyl-CoA bzw. $NAD^+$ x $min^{-1}$ x g $Gewebe^{-1}$].

Die Ergebnisse machen deutlich, daß bei Kamel und Rind das Fettgewebe in der Fettsäurebiosynthese eine wichtigere Funktion als bei der Ratte hat. Die Leber ist bei den Wiederkäuern von untergeordneter Bedeutung für die FSS, wobei die Kamelleber aktiver als die Rinderleber erschien. Der "citrate cleavage pathway" hat im Vergleich zur Ratte in den untersuchten Geweben bei Rind und Kamel geringe Bedeutung, während die ICDH-Reaktion für diese Tiergruppe eine essentielle Stellung in der Lieferung von Reduktionsäquivalenten einnehmen kann. Das Kamel zeigt somit die für einen "echten" Wiederkäuer typischen hohen ICDH- und niedrigen CCE-Aktivitäten, was einen intensiveren Einbau von Produkten des Glucosestoffwechsels in Fettsäuren ausschließt. Durch energiereiche Fütterung der Kamele war die CCE im Kamelfettgewebe jedoch aktivierbar. Die relativ hohen Leber-CCE-Aktivitäten des Kamels sprechen für eine größere Beteiligung dieses Organes an der FSS als bei den anderen Wiederkäuern.

## 7.2. Summary

Friedemann Christian Büscher:
A comparative study of enzymes related to fatty acid synthesis in different tissues of camel *(camelus dromedarius)*, bovine *(bos taurus)* and rat *(rattus rattus)*.

The activity of certain enzymes was recorded in tissue samples collected from a slaughterhouse in the Gesira province in Sudan, in order to determine their involvement and that of different metabolic pathways in fatty acid synthesis. The activity of the following enzymes was recorded in samples of liver tissue, hump adipose tissue and subcutaneous and perirenal adipose tissues from 12 camel bulls and 11 indigenous bulls:
Acetyl-CoA carboxylase (ACC), citrate cleavage enzyme (CCE), malic enzyme (ME), isocitrate dehydrogenase (ICDH), glucose-6-phosphate dehydrogenase (G-6-PDH) and 6-phosphogluconate dehydrogenase (6-PGDH).
In addition, the activity of the above mentioned enzymes was recorded in the liver and in epididymal adipose tissue of male rats (n = 7 pools from n = 20 rats fed on a lab chow diet).

In another experiment the enzyme activities were recorded in biopsies of hump adipose tissue, which were collected in Khartoum from three camel bulls fasted for two days after being fed on a high energy diet. Aim of this experiment was to discern adaptive properties of these enzymes in hump adipose tissue.

The activity of ACC was observed by registering the incorporation of $^{14}CO_2$ from $NaH^{14}CO_3$ in acetate. The other enzyme activities were registered by using photometric methods, which were adapted according to the animal species in question.
Enzyme activities were expressed using the content of soluble protein in milligrams and the wet weight of tissue in grams, respectively as reference units.

The results of the study were as follows:

1.) ACC, expressed in both reference units, had the lowest activity among the enzymes in all tissues under study. Its activity was highest in the rat tissues [Rat liver: 3,81 ± 0,17 nmol Malonyl-CoA x $min^{-1}$ x mg $protein^{-1}$; 339,5 ± 15,34 nmol Malonyl-CoA x $min^{-1}$ x g tissue $^{-1}$].

2.) The activity of CCE and ME in bovine and camel tissues was very low compared to that in the rat (s. appendix: Tab. 1 and 2).

3.) The activity of ICDH and of the shunt enzymes was considerably high in both camel and especially in the bovine adipose tissue, whereas the registered activities in the rat adipose tissue were considerably lower (s. appendix: Tab. 1 and 2).

4.) When comparing the results of the liver with those of the adipose tissue it becomes evident that the rate of fatty acid synthesis is higher in depot adipose tissue than that in the liver tissue of cattle and to a lesser extent of camels. This is not the case in the rat where the opposite is true.

5.) After a fasting period of two days the activity of ACC decreased by 50% in the adipose tissue of the camel hump. The other enzymes showed a more or less slight decrease of activity with the exception of malic enzyme ((CCE: 40 %; ICDH: 28 %; G-6-PDH: 23 %; 6-PGDH: 12 %). ACC and CCE activities were much higher in the biopsies of camels fed on a high energy diet than in tissue samples collected from the slaughterhouse [6 and 30 nmol Malonyl-CoA and $NAD^+$ x $min^{-1}$ x g $tissue^{-1}$, resp.].

It is evident from the results that the adipose tissue of camels and cattle plays a much bigger role in fatty acid synthesis than that of the rat. In ruminants the liver is of minor importance for fatty acid synthesis whereby the camel liver showed a higher activity than the bovine hepatic tissue. The role of the citrate cleavage pathway in the camel and cattle tissues under study is negligible as compared to the rat, whereas the ICDH reaction in ruminants is essential for supplying NADPH for fatty acid synthesis.

Thus the camel shows the pattern of a "typical" ruminant with a high ICDH activity and a low CCE activity, a fact which rules out the incorporation of products out of the glucose metabolism into fatty acids. However, CCE could be activated in the camel adipose tissue as a result of a high energy diet. On the other hand, the high CCE activity in the camel liver implies the involvement of this organ in fatty acid synthesis to a greater extent than in other ruminants.

# الخلاصة

فريدمان كريستيان بشر : دراسة مقارنة عن تخليق الاحماض الدهنية في عدة انسجة في الابل والابقار والجرذ عن طريق قياس الانزيمات .

هدف هذه الدراسة هو تحديد اهمية عدة انسجة وعدة طرق للتمثيل الغذائي بالنسبة لعملية تخليق الاحماض الدهنية في ذكور الابل ( ن = ١٢) والابقار البلدية ( ن = ١١ ). لهذه الغاية تم جمع الانسجة التالية من مسلخ في اقليم الجزيرة في السودان :
الكبد والدهن حول الكلية في الابل والابقار والدهن السنامي في الابل والدهن تحت الجلد في الابقار . ثم تم قياس نشاط الانزيمات التالية في الانسجة المذكورة والتي تلعب دور مهم في عملية تخليق الاحماض الدهنية .

استيل كو انزيم A المزيل لمجموعة الكاربوكسيل
Acetyl Co-A Carboxylase ACC

انزيم تكسير السترات Citrate Cleavage Enzyme CCE

انزيم حامض الماليك Malic Enzyme ME

انزيم الايزوسترات المزيل للهايدروجين Isocitrate Dehydrogenase ICDH

انزيم الجلوكوز - ٦- فوسفات المزيل للهايدروجين
Glucose -6- Phosphate Dehydrogenase G-6-PDH

انزيم ٦-فسفو جلوكونات المزيل للهايدروجين
6-Phosphogluconate Dehydrogenase 6-PGDH

وقد اخذت عشرون عينة من نسيج الكبد وجانب الخصية للجرذ وجمعت في سبع مجموعات ( pools ) كل منها تمثل عينة وتم قياس نشاط الانزيمات المذكورة في هذه العينات .
تم ايضا في الخرطوم قياس الانزيمات المذكورة في عينات جمعت من دهن سنام ثلاثة ذكورالابل الحية بعد تغذيتها بعلف مركز وبعد تصويمها لمدة يومين بهدف ادراك صفات التأقلم لهذه الانزيمات في النسيج الدهني للسنام .

تم تعقب نشاط ACC عن طريق عملية بناء $^{14}CO_2$ من $NaH^{14}CO_3$ في الاسيتات . اما الانزيمات الاخرى فقد تم قياس نشاطها بواسطة الفوتوميتر وطورت التجارب لتلائم الحيوانات المختلفة .
نسب نشاط الانزيمات الى محتوى البروتين تارة والى وزن النسيج تارة اخرى .
كانت النتائج كالتالي :

١- انزيم الاستيل كو A المزيل لمجموعة الكربوكسيل كان الانزيم الاقل نشاطا في جميع الانسجة المدروسة بحيث ان اعلى نشاط سجل في الانسجة المأخوذه من الجرذ ( كبد الجرذ : ٣,٨١ ± ٠,١٧ نانومول مالونيل كو A / دقيقة x مجم بروتين ٣٣٩,٥ ± ١٥,٣٤ نانومول مالونيل كو A / دقيقة x جرام نسيج ).

٢- كان نشاط كل من انزيم تكسير السترات وانزيم حامض الماليك في جميع انسجة الابقار والابل قليلا بالمقارنة مع الجرذ (جدول ١ و ٢ في الملحق )

٣ـ كان نشاط انزيم ICDH وانزيمات التحول (shunt enyzmes) الجلوكوز ـ ٦ـ فوسفات المزيل للهايدروجين وانزيم ٦ ـ فوسفو جلوكونات المزيل للهايدروجين عالية جدا في النسيج الدهني للابقار وفي الابل بينما كانت القيم المسجله في الجرد ادنى منها بنسبة كبيرة ( جدول ١ و ٢ في الملحق ) .

٤ـ يتضح بعد مقارنة نشاط الإنزيمات في الكبد وفي النسيج الدهني للأبقار ان نشاط تخليق الأحماض الدهنيه في النسيج الدهني المخزن اعلى منه في الكبد وينطبق هذا ايضا على الإبل ولكن كانت فرقيه النشاط بين النسيجين المذكورين اقل من الابقار .اما في الجرذ فكان العكس هو الصحيح .

٥ـ بالنسبة لانزيم الاستيل كو A المزيل لمجموعة الكربوكسيل فلقد قل نشاطه بمعدل ٥٠ % في دهن سنام الابل التي صومت لمدة يومين بالمقارنة مع الابل التي علفت .اما الانزيمات الاخرى وباستثناء انزيم حامض الماليك فقد قل نشاطها بالنسب التالية :

| | |
|---|---|
| انزيم تكسير السترات | ٤٠ % |
| انزيم الايزوسترات المزيل للهايدروجين | ٢٨ % |
| انزيم الجلوكوز ـ٦ـ فوسفات المزيل للهايدروجين | ٢٣ % |
| انزيم ٦ـ فوسفوجلوكونات المزيل للهايدروجين | ١٢ % |

كان نشاط ACC وCCE في الابل التي اطعمت علف مركز اعلى بكثير من نشاط العينات الماخوذة من المسلخ ( ٦ و ٣٠ نانومول / دقيقة x جم نسيج )

يتضح من النتائج ان النسيج الدهني في الابقار والابل يلعب دورا اهم في عملية تخليق الاحماض الدهنية بالمقارنة مع الجرذ ويكون دور الكبد في الحيوانات المجترة ثانوي في عملية تخليق الاحماض الدهنية بحيث ان كبد الابل اكثر نشاط من كبد الابقار .
عملية تكسير السترات في الابل والابقار ليس لها اهمية كبيرة بالمقارنة مع الجرذ في الانسجة المذكورة بينما ان تفاعل ICDH له دور مهم في المجترات بسبب انتاج حامل الهايدروجين ( NADPH ) لعملية الاختزال وبذلك تملك الابل صفات الحيوانات المجترة الاصيلة وهي نشاط مرتفع ل ICDH ونشاط منخفض ل CCE مما يؤدي للتخفيف من استخدام منتوجات عملية التمثيل الغذائي للجلوكوز في بناء الاحماض الدهنية ومع ذلك يمكن تنشيط ال CCE عن طريق تزويد الابل بعلف مركز.

يدل ارتفاع نشاط ال CCE في كبد الابل على ان هذا العضو له دور مهم في عملية تخليق الاحماض الدهنية اكثر منه في الحيوانات المجترة الاخرى .