

## Ueber einige Bedingungen der Ptyalinwirkung.

Von

Dr. T. Maszewski.

---

(Aus dem Laboratorium des Wola-Krankenhauses zu Warschau.)

(Der Redaction zugegangen am 7. September 1900.)

---

Obwohl man schon von vielen Seiten die Bedingungen der Fermentwirkung im Allgemeinen und der Wirkung der Verdauungsenzyme im Speciellen untersucht hat, so dass die Frage für einigermaassen abgeschlossen angesehen werden könnte, so mehren sich doch andererseits in der Litteratur die Hinweise, dass sich in dieser Richtung neue Gebiete für die Untersuchung eröffnen. Unter Anderen ist neuerdings Bier-nacki<sup>1)</sup> bei seinen Beobachtungen über das glykolytische Ferment des Blutes zu einigen unerwarteten Ergebnissen gelangt. Da nun das glykolytische Ferment, beziehungsweise die gegenwärtig so viel besprochenen «Oxydationsfermente» mit den Verdauungsfermenten viel Gemeinsames besitzen sollen, so erschien es mir wünschenswerth, zu erfahren, ob die in Bezug auf das glykolytische Enzym festgestellten Thatsachen auch bei den Verdauungsfermenten wiedergefunden werden können. In erster Linie interessirte mich hierbei das Ptyalin, welches unter den Verdauungsfermenten dem glykolytischen Ferment des Blutes an die Seite gestellt werden darf.

Folgende Fragen waren in Bezug auf das Ptyalin zu beantworten: 1. kann eine Menge dieses Enzyms nur eine bestimmte, unter allen Umständen gleiche Zuckermenge produ-

---

1) Beobachtungen über die Glykolyse in pathologischen Zuständen. Pamietn. Tow. Lek. in Warschau, 1898.

ciren, oder ist im Gegentheil die saccharificirende Kraft des Ptyalins keine absolute, sondern nur eine relative, und hängt sie von der Stärkeconcentration, bezüglich absoluten Mengen von Stärke, vom Volumen der Ptyalinstärkemischungen und dergleichen ab? 2. Was für quantitative Beziehungen existiren zwischen der Menge des Enzyms und der gebildeten Zuckermenge?

Die Versuche stellte ich meistens mit meinem eigenen Speichel an, welcher zwischen 11—12 Uhr Morgens oder 4—5 Uhr Nachmittags gesammelt und unmittelbar vor dem Verwenden filtrirt wurde. Zu je einer Versuchsreihe gebrauchte ich die zeitlich gleiche Speichelportion, und in allen Experimenten dieselbe Stärkesorte, von welcher ein gleichmässiger Kleister immer frisch zubereitet wurde. Die Versuche fanden bei Zimmertemperatur (14—15°) statt und dauerten 24 Stunden, worauf die Fermentation mittelst Aufkochens abgebrochen wurde. Um die Nebengährungen zu vermeiden, versetzte ich die Stärkekleister-Ptyalingemische mit einem Krystall Thymol. Die gebildete Zuckerquantität wurde mittelst Knapp'scher Lösung bestimmt, die Endreaction mit gesättigtem Ammoniumsulfat.

Meine Experimente bilden drei Serien, welche durch die Buchstaben A, B, C bezeichnet sind. Die an demselben Tage angestellten parallelen Versuchsreihen sind durch römische Ziffern, die einzelnen Bestimmungen durch arabische bezeichnet.

In der Serie A wurden in allen Versuchen gleiche Speichelmengen (1 ccm.) und gleiche Stärkekleistervolumina (50 ccm.) angewendet, indem die Stärkeconcentration, d. h. die absoluten Stärkemengen jedesmal wechselten. Es wurde nun nach 24 Stunden aufgefunden in:

I. Versuchsreihe:

|    |         |                     |              |           |                 |
|----|---------|---------------------|--------------|-----------|-----------------|
| 1) | 50 ccm. | $\frac{1}{8}$ %iger | Stärkelösung | . . . . . | 0,125 g Zucker. |
| 2) | 50      | > 1                 | >            | . . . . . | 0,219 g >       |
| 3) | 50      | > 2                 | >            | . . . . . | 0,433 g >       |

II. Versuchsreihe:

|    |         |         |              |           |                 |
|----|---------|---------|--------------|-----------|-----------------|
| 4) | 50 ccm. | 1 %iger | Stärkelösung | . . . . . | 0,219 g Zucker. |
| 5) | 50      | > 2     | >            | . . . . . | 0,431 g >       |
| 6) | 50      | > 4     | >            | . . . . . | 0,833 g >       |

III. Versuchsreihe:

|    |         |                          |                 |
|----|---------|--------------------------|-----------------|
| 7) | 50 ccm. | 1 %iger Stärke . . . . . | 0,271 g Zucker. |
| 8) | 50 >    | 1 1/2 > > . . . . .      | 0,462 > >       |
| 9) | 50 >    | 3 > > . . . . .          | 0,502 > >       |

Trotz gleicher Speichel- (Enzym-) Mengen nahm also bei Zunahme der Stärkeconcentration (Stärke- menge) die Zuckerbildung auch zu, aber nicht etwa in geradem Verhältnisse. Dies ist besonders aus der dritten Versuchsreihe ersichtlich.

In der Serie B kamen gleiche Mengen Speichel (1 ccm.) und gleiche Stärkemengen (0,5 g, 1 g, 2 g) zur Verwendung, es waren nur die Kleistervolumina ungleich.

IV. Versuchsreihe:

|     |         |                                  |                 |
|-----|---------|----------------------------------|-----------------|
| 10) | 25 ccm. | + 0,5 g Stärke ergaben . . . . . | 0,195 g Zucker. |
| 11) | 50 >    | + 0,5 > > > . . . . .            | 0,235 > >       |
| 12) | 25 >    | + 1 > > > . . . . .              | 0,390 < >       |
| 13) | 50 >    | + 1 > > > . . . . .              | 0,403 > >       |

V. Versuchsreihe:

|     |         |                                   |                 |
|-----|---------|-----------------------------------|-----------------|
| 14) | 25 ccm. | + 0,25 g Stärke ergaben . . . . . | 0,132 g Zucker. |
| 15) | 50 >    | + 0,25 > > > . . . . .            | 0,156 > >       |
| 16) | 25 >    | + 0,5 > > > . . . . .             | 0,231 > >       |
| 17) | 50 >    | + 0,5 > > > . . . . .             | 0,304 > >       |
| 18) | 25 >    | + 1 > > > . . . . .               | 0,446 > >       |
| 19) | 50 >    | + 1 > > > . . . . .               | 0,403 > >       |
| 20) | 100 >   | + 1 > > > . . . . .               | 0,641 > >       |

VI. Versuchsreihe:

|     |         |                                |                 |
|-----|---------|--------------------------------|-----------------|
| 21) | 50 ccm. | + 2 g Stärke ergaben . . . . . | 0,833 g Zucker. |
| 22) | 100 >   | + 2 > > > . . . . .            | 0,862 > >       |
| 23) | 200 >   | + 2 > > > . . . . .            | 0,806 > >       |

VII. Versuchsreihe:

|     |         |                                |                 |
|-----|---------|--------------------------------|-----------------|
| 24) | 25 ccm. | + 1 g Stärke ergaben . . . . . | 0,446 g Zucker. |
| 25) | 50 >    | + 1 > > > . . . . .            | 0,416 > >       |
| 26) | 100 >   | + 1 > > > . . . . .            | 0,500 > >       |
| 27) | 200 >   | + 1 > > > . . . . .            | 0,277 > >       |

VIII. Versuchsreihe:

|     |         |                                  |                 |
|-----|---------|----------------------------------|-----------------|
| 28) | 25 ccm. | + 0,5 g Stärke ergaben . . . . . | 0,156 g Zucker. |
| 29) | 50 >    | + 0,5 > > > . . . . .            | 0,219 > >       |
| 30) | 100 >   | + 0,5 > > > . . . . .            | 0,185 > >       |
| 31) | 200 >   | + 0,5 > > > . . . . .            | 0,106 > >       |

IX. Versuchsreihe:

|     |         |   |            |                   |                 |
|-----|---------|---|------------|-------------------|-----------------|
| 32) | 25 ccm. | + | 2 g Stärke | ergaben . . . . . | 0,714 g Zucker. |
| 33) | 50 >    | + | 2 > >      | > . . . . .       | 0,735 > >       |
| 34) | 100 >   | + | 2 > >      | > . . . . .       | 0,892 > >       |
| 35) | 200 >   | + | 2 > >      | > . . . . .       | 0,675 > >       |

In der obigen Serie findet sich zunächst eine Bestätigung der in der Serie A gewonnenen Resultate; ausserdem aber ist zu ersehen, dass trotz gleicher Speichel- und Stärkemengen die Zuckerproduktion bei zunehmender Verdünnung der Stärke, mit anderen Worten, bei zunehmenden Lösungsvolumina auch zunehmen kann, wobei aber kein direktes Verhältniss zwischen beiden Grössen wahrzunehmen ist. Die Steigerung der Zuckerproduktion findet jedoch nur bis zu einem gewissen Grade der Stärkeverdünnung statt, bei weiterer Verdünnung kann eine bedeutende Schwächung des saccharificirenden Vermögens eintreten! — So sinkt z. B. in der VI. Versuchsreihe mit 2 g Stärke bei 200 ccm. Lösung die Zuckermenge ganz deutlich (auf 0,806 g), während sie bei 50 ccm. 0,833 g und bei 100 ccm. das Meiste, 0,862 g, betrug. In der VII. Reihe, mit 1 g Stärke, ist die Herabsetzung der Saccharification bei 200 ccm. noch ausgesprochener: auf 0,277 g, gegen 0,500 g bei 100 ccm. Dasselbe war in der IX. Versuchsreihe der Fall, während in der VIII. mit 1 g Stärke die stärkste Zuckerbildung bei 50 ccm. stattgefunden hatte.

Diese Versuchsergebnisse kann man dahin zusammenfassen, dass bei bestimmten Speichel- und Stärkemengen ein bestimmter Concentrationsgrad der Stärke nöthig ist, um die maximale Zuckerbildung zu ermöglichen. In den angeführten Experimenten war nun die günstigste Stärkeverdünnung in Bezug 1 ccm. Speichel: 2 g in 100 ccm., wobei die grössten Zuckermengen gebildet wurden.

In der dritten Serie C waren die Stärkemengen und deren Concentration gleich; es schwankte nur das Speichelvolumen:

X. Versuchsreihe:

|     |         |                        |   |                 |                 |
|-----|---------|------------------------|---|-----------------|-----------------|
| 36) | 54 ccm. | — 1,9 %iger Stärkelös. | + | 1 ccm. Speichel | 0,450 g Zucker. |
| 37) | 54 >    | — 1,9 >                | > | + 2 > >         | 0,435 > >       |
| 38) | 54 >    | — 1,9 >                | > | + 3 > >         | 0,482 > >       |
| 39) | 54 >    | — 1,9 >                | > | + 3 > >         | 0,450 > >       |

XI. Versuchsreihe:

|     |    |      |       |    |       |            |       |      |          |         |   |         |
|-----|----|------|-------|----|-------|------------|-------|------|----------|---------|---|---------|
| 40) | 50 | ccm. | einer | 2% | oigen | Stärkelös. | + 1/4 | ccm. | Speichel | — 0,462 | g | Zucker. |
| 41) | 50 | >    | >     | 2  | >     | >          | + 1/2 | >    | >        | — 0,378 | > | >       |
| 42) | 50 | >    | >     | 2  | >     | >          | + 1   | >    | >        | — 0,520 | > | >       |
| 43) | 50 | >    | <     | 2  | >     | >          | + 2   | >    | >        | — 0,403 | > | >       |

XII. Versuchsreihe:

|     |    |      |       |    |       |            |       |      |          |         |   |         |
|-----|----|------|-------|----|-------|------------|-------|------|----------|---------|---|---------|
| 44) | 50 | ccm. | einer | 2% | oigen | Stärkelös. | + 1/4 | ccm. | Speichel | — 0,520 | g | Zucker. |
| 45) | 50 | >    | >     | 2  | >     | >          | + 23  | >    | >        | — 0,595 | > | >       |

XIII. Versuchsreihe:

|     |    |      |       |    |       |            |       |      |          |         |   |         |
|-----|----|------|-------|----|-------|------------|-------|------|----------|---------|---|---------|
| 46) | 50 | ccm. | einer | 2% | oigen | Stärkelös. | + 1/4 | ccm. | Speichel | — 0,500 | g | Zucker. |
| 47) | 50 | >    | >     | 2  | >     | >          | + 30  | >    | >        | — 0,520 | > | >       |

In dieser Serie fallen höchst bemerkenswerthe Erscheinungen auf: bei constanten Stärkemengen und constanten Concentration an Stärke bewirkte die Zunahme der Enzymmenge meistens gar keine Zunahme, mitunter eher eine Abnahme der Zuckerproduktion. Besonders fallen in dieser Hinsicht die Versuchsreihen XII und XIII auf, wo bei 23 und 30 ccm. Speichel nur sehr unbedeutend mehr Zucker, als bei 1/4 ccm. (also einer 90 bis 120 Mal geringeren Quantität), im Gemische gefunden worden ist. In der Reihe XI war bei 2 ccm. die Saccharification schon entschieden schwächer als bei 1 ccm.

Die Ergebnisse der Versuche 45 und 47 (mit 23 und 30 ccm. Speichel) lenken die Aufmerksamkeit um so mehr auf sich, als hierbei durch den Zusatz von grösseren Speichelmengen das Volumen der Gemische gegen andere bedeutend vergrössert wurde. Im Einklang mit den Resultaten der Serie B könnte man nun erwarten, dass durch die Steigerung der Verdünnung an sich die Saccharification sich steigern würde. Es entsteht also die Frage, ob die geringen Ueberschüsse von 0,020—0,075 g Zucker gegen 1/4 ccm. Enzym ganz einfach nicht durch eben dieses Agens herbeigeführt sind.

Mögen die obigen Resultate höchst merkwürdig erscheinen, so ist doch absolut dasselbe von Biernacki<sup>1)</sup> in Bezug auf das glykolytische Ferment beobachtet worden. Unter 12. Ver-

1) loc. cit.

suchen fiel bei ihm nur einmal bei Anwendung von 3 ccm. bis 5 ccm. Blut gegen gewöhnliche 1 ccm. die Zuckeroxydation stärker aus. Dagegen kamen bei gewissen Blutmengen am meisten schwächere Zuckerverluste vor, als bei 1 ccm. In zwei Experimenten z. B. oxydirten 0,5 ccm. mehr Zucker als 1 ccm.

Auch bezüglich der Verhältnisse zwischen der Grösse der Zuckeroxydation und der Zuckerconcentration in der Lösung wurde von diesem Verfasser Aehnliches festgestellt, wie von mir. Bei Steigerung der Zuckerconcentration nahm die Glykolyse absolut zu, wenn sie auch bei gewissen Zuckerwerthen procentisch abzunehmen begann. Eine absolute Abnahme beobachtete Biernacki unter diesen Bedingungen (gegen unsere Erfahrungen) nicht, wahrscheinlich deswegen, weil er nur mit gewissen Concentrationsgraden (bis 5% Glykose) experimentirte. Endlich stellte er auch den Einfluss des Lösungsvolumens auf die Energie der Glykolyse fest.

Höchst wahrscheinlich wiederholen sich alle diese That- sachen bei sonstigen Verdauungsenzymen. Ohne auf weitere Schlussfolgerungen eingehen zu wollen, möchten wir nur auf einen Umstand hinweisen: Wie problematischen Werthes erweisen sich alle modernen Methoden der quantitativen Enzymbestimmung im Lichte der mit Ptyalin gewonnenen Erfahrungen! Man schliesst auf die Menge des Ferments aus der Menge seines specifischen Produktes. Und doch wurden, um dies noch einmal zu wieder- holen, in unseren Experimenten gleiche Zuckermengen unter gleichen Versuchsbedingungen ebenso gut durch eine Ptyalin- einheit, wie durch eine 90—100 Mal grössere geliefert. Wenn nun dasselbe z. B. mit dem Pepsin der Fall ist, so brauchen wir nicht näher auseinander zu setzen, was für einen Werth die vielen Arbeiten beanspruchen können, welche sich mit den quantitativen Schwankungen der Pepsinmenge bei pathologischer Magenverdauung befassten.

Herrn Dr. E. Biernacki sage ich für die Anregung und Unterstützung bei dieser Arbeit meinen besten Dank.

---