

ÜBER DIE HYDRATATION VON LEBENSMITTELN

G. TÖRÖK (BUDAPEST)

Ein ausführlicher Bericht über den Wasserzustand der Lebensmittel, über die Folgen des Wasserentzuges sowie der Rehydratation von getrockneten Lebensmitteln ist im Rahmen eines Vortrages eine unlösbare Aufgabe, denn der Problembereich ist so weitverbreitet und von so grosser Bedeutung, dass man sich nur zu der Klarlegung von höchstens einigen herausgegriffenen Fragen entschliessen kann.

Der grösste Teil der Lebensmittel weist hygroskopische Eigenschaften auf das so viel bedeutet, dass der Wassergehalt des Stoffes und die Luftfeuchtigkeit des vorliegenden Lagerraumes aufeinander wirken und im Falle eines Ausgleiches ein Gleichgewichtszustand eintritt. Bis zur Erreichung des Gleichgewichtszustandes verändert sich also der Wassergehalt in irgendeiner Richtung. Der Wassergehalt hygroskopischer Stoffe bleibt unverändert, falls deren Hydratation mit der Relativfeuchtigkeit der umgebenden Luft übereinstimmt.

Falls die Hydratation grösser als die Relativfeuchtigkeit der Luft im Lagerraum ist, dann offenbart sich die Bestrebung nach dem Gleichgewichtszustand darin, dass der Wassergehalt des hygroskopischen Stoffes vermindert und der Feuchtigkeitsgehalt der Luft im Lagerraum erhöht wird. In entgegengesetztem Fall ist der Prozess umgekehrt.

Unter Hydratation von wasserhaltigen Stoffen (H), mit anderen Worten unter relativer Feuchtigkeit im Gleichgewichtszustand (Equilibrium Relative Humidity) versteht man den relativen Feuchtigkeitswert der Luft in geschlossenen Räumen in Gleichgewichtszustand.

Die Zusammenhänge zwischen dem Wassergehalt und Hydratation der hygroskopischen Stoffe werden mit den sog. Sorptionsisothermen dargestellt.

Die Kenntnis der Sorptionsisothermen ist von grosser praktischer Bedeutung. Anhand ihrer kann jeweils festgestellt werden, wie sich der Wassergehalt von gemeinsam gelagerten hygroskopischen Stoffen wäh-

rend der Lagerung gestaltet, wie gerichtet und wie gross die Wasserwanderung zwischen den einzelnen Stoffen sein wird.

Auch zur Einstellung der optimalen Parameter der zeitmässigen Lagerung ist die genaue Kenntnis der Sorptionsisothermen nötig, aber auch die wirtschaftliche Trocknung, Konditionierung und Lagerung beruhen heute schon oft auf der Kenntnis der Sorptionsisothermen.

Es muss erwähnt werden, dass auf die Entwicklung der Mikroorganismen nicht der Wassergehalt des Nährbodens, sondern dessen Differentialhydratation ($DH = 100 - H$) den entscheidenden Einfluss ausübt.

Die Frage ist hauptsächlich deshalb so kompliziert, denn wir wissen vom Wasser selbst, als vom Bestandteil des lebenden Organismus und der Nährstoffe, noch immer sehr wenig und was wir nun wissen, kann auf sehr vielerlei Art erklärt werden. Nach Niels Bjerrum ist das Wasser nicht nur eine der gewöhnlichsten und wichtigsten chemischen Verbindungen, sondern gleichzeitig auch die besonderste und irreführende.

Der prozentual die grösste Menge bildende Bestandteil der lebenden Organismen, also auch unserer, aus lebenden Organismen hergestellten Lebensmittel ist das Wasser. Zu der Verteilung der Wasserfraktionen verschiedener Gebundenheit ist z. B. die Eingliederung von Plank bekannt. Die Rolle des Wassers in den lebenden Organismen, in deren Geweben ist sehr vielseitig. Wasser ist ein ausgezeichnetes Lösungsmittel der Nährstoffe und Abbauprodukte und infolgedessen ist auch ein Transportmedium.

Das Molekulargewicht des Wassers ist auch in polymolarem Zustand wesentlich kleiner, als das der im Organismus anwesenden biofunktionalen makromolekularen Stoffe und so ist es in sehr grossem molarem Übergewicht. Sein Molprozent übersteigt mehrfach seinen Gewichtsprozentsatz, es ermöglicht also die maximale, bei einem gegebenen pH-Wert und Temperatur entstehbare Hydratation.

Die aktiven Stoffe der Lebensprozesse bilden Proteine, für die charakteristisch ist, dass sie in Wasser hydratiert werden. Sie schwellen an und werden gelöst. Deshalb wird im allgemeinen, bei der Bewertung von biologischen Prozessen und den Bestandteilen, bzw. Gruppen der Lebewesen, dem Proteingehalt eine entscheidende Rolle zugeschrieben. Die Beurteilung der Rolle des Wassergehaltes ist schon weniger ausgestaltet. Wasser ist nötig, aber im allgemeinen kommt es in genügender Menge vor und so hat man seine Rolle weniger in Sicht. Die Ursache könnte zum Teil darin liegen, dass der Proteingehalt eines ausgestalteten Organismus mehr oder weniger konstant gehalten wird und die Funktionen der Proteine mit dem sehr bedeutenden täglichen Wasserverkehr nicht in Zusammenhang gebracht werden. Wie es schon festgestellt wurde, setzen sich Komponentenmoleküle und auch der Proteingehalt

des Organismus in einigen Wochen um und befinden sich also in ständigem Auf- und Abbau. Auch unsere Beurteilung der Rolle des Wassers muss sich also verändern. Sowohl die Aufbaustoffe, als auch die Abbauprodukte werden durch das Wasser gefördert. Daneben ist das Wasser das aktive Reagent der Hydratationsvorgänge, also offensichtlich ist es ein ebensolcher entscheidender Faktor des Lebens, wie das Protein.

Da die Lebensprozesse Funktionen von hydratierten Protein-Wassersystemen sind, ist es offensichtlich, dass nicht alle Werte des Hydratationsgrades, d. h. der Hydratation der lebenden Organismen und deren Gewebe, zum Abspielen der Lebensprozesse in gleicher Weise geeignet sind und so gibt es ein optimalen Hydratationsbereich.

Schon auch bisher haben wir ein Optimum gekannt, dies haben wir eben nur mit der Temperatur im Zusammenhang gebracht, nicht aber mit der Hydratation. Wir sagten, dass infolge des partiellen Ausfrierens des Wassergehaltes unter Gefrierpunkt, der Kälte- oder Frosttod auftritt und sprachen von Hitzetod bei über 50—60°C, den wir mit der Koagulation der Proteine im Zusammenhang brachten. Heute sehen wir es so, dass auch diese Erscheinungen im Zusammenhang mit der Hydratation betrachtet werden müssen. Auch der Frosttod bedeutet so viel, dass der Gehalt des Systems an nicht gebundenem Wasser sich vermindert, während im Falle vom Hitzetod fällt der Gehalt an gebundenem Wasser unter den zum Leben notwendigen minimalen Wert. Zu den in den lebenden Geweben ablaufenden Lebensprozessen ist jeweils hydratiertes Protein, also gebundenes Wasser, nötig, aber ebenso ist auch das freie, nicht gebundene Wasser als Lösungs- und Transportmedium nötig, in dem die Reaktionen des Auf- und Abbaues ablaufen.

* Eine Art des Ausdrückens des Gehaltes an gebundenem Wasser ist die „Differentialhydratation“. Sie drückt aus, inwieweit die Hydratation des Systems von der Hydratation des nicht gebundenen Wassers abweicht, ihr Wert also $100 - \text{Hydratur}$ gleich. Dieser Ausdruck hat den Vorteil, dass sein Wert sich zusammen mit dem Gehalt an gebundenem Wasser erhöht oder vermindert. Es scheint, dass der aktive, dormante, oder unterbrochene Zustand der Lebenserscheinungen durch die Differentialhydratation der Zelle, des Gewebes oder des höheren Organismus determiniert wird und dass die Temperatur nur ein, obwohl wichtiger Einstell- bzw. Steuerfaktor ist. Das scheint also die richtige Anschauung zu sein, falls die Lebenserscheinungen als Funktion des Systems: Protein — gebundenes Wasser — nicht gebundenes Wasser — aufgefasst werden, deren Intensität vom gegenseitigen Verhältnis der drei Komponenten entscheidend abhängig ist. Demzufolge ist das Wasser ein ebensolcher determinierender Stoff der Lebensprozesse, wie das Protein. Wenn nur der Proteingehalt betrachtet wäre, so würde es wirklich unerklärlich

warum ein 23% Protein enthaltendes Erbsenkorn dormant sein kann und wie eine Meduse ein intensives Leben führt, deren Gesamttrockensubstanzgehalt sich nicht nur auf 0,2% beläuft und auch nicht nur als Protein besteht. Wie ohne Protein, danach auch ohne Wasser, gibt es kein Leben.

Im Laufe unserer bisherigen Auseinandersetzungen haben wir den „gebundenen und nichtgebundenen“ Wassergehalt von wasserhaltigen Systems schon öfters erwähnt, ohne diese Frage in ihren Einzelheiten zu behandeln.

Wir sahen, dass das Wasser in unseren Lebensmitteln — was den Freiheitsgrad, bzw. die Aktivität betrifft — zu verschiedenen Zuständen vorkommt. Ein Anteil dessen ist als quasi Hydratationswasser gebunden, dichter und von kleinerem Molvolumen als normales Wasser, in einem Zustand des grösseren spezifischen Gewichtes. Die weiteren Anteile des im System enthaltenen Wassers sind die Wasserverschalungen um die hydratierten Punkte, gebunden mit immer mit der Entfernung von den Molekülen abnehmenden Kräften. Auf den Grenzflächen dieser Verschalungen ist die Energie der Bindung schon sehr klein.

Die Bindung in dem „Hydratations-“ und „Hüllen-“ bzw. „Verschalungswasser“ ist fix, diese Wasseranteile sind also bei den gegebenen Parametern sowohl chemisch als auch physikalisch immobil. Das Wasser der Grenzfläche bildet einen Übergangszustand, während das nicht gebundene dispergierende Wasser chemisch ungebunden, d. h. chemisch mobil ist. Physikalisch ist es nicht in jedem Falle mobil, denn in der Raumnetzstruktur des makromolekularen Kolloidsystem ist es oft immobilisiert.

Das „nichtgebundene Wasser“ kann also als ein Wasser von chemisch ungebundenen, physikalisch immobilen, oder mobilen Zustand beschrieben werden. Der Wassergehalt von lebenden Organismen, von deren Geweben, von unseren Lebensmitteln kann also auf drei Anteile verschiedenen Zustandes zerlegt werden, nämlich:

a) chemisch und physikalisch gebundenes, immobiles „Hydratationswasser“ (Ion-Dipol-Bindung) und „Verschalungswasser“ (Dipol-Dipol-Bindung),

b) Wasser in einem Zustand zwischen der chemischen und physikalischen Immobilität und Mobilität, in einer zum Stoffe lose orientierten Übergangsordnung,

c) chemisch nichtgebundenes, als dispergierendes Medium funktionierendes Wasser, das physikalisch mobil oder immobil sein kann.

Das Verhältnis dieses Anteils von verschiedenem Zustand und Funktion ist nicht starr und auf verschiedene Weise geprüft, erlaubt verschie-

dene Schlüsse zu formulieren. Auch die Funktionen, wie auch die Folgen des Entzuges dieser Wasseranteile sind alle verschieden.

Wenn man das Wasser aus unserem Nahrungsmitteln durch Verdunstung (Eindampfung oder Trocknung), oder mittels Sublimation (Gefrier-trocknung) zu entfernen beginnt, dann entfernt sich zuerst die Fraktion *c*, also das chemisch freie, als dispergierendes Medium funktionierende Wasser, während die Fraktionen *a* und *b* im System bleiben. In solchen Fällen bleibt das kolloide System praktisch reversibel; in sehr vielen Fällen ist sogar auch die biologische Reversibilität gesichert. Wenn zu einem so stark entwässerten Gewebe, bzw. Zelle das entfernte Wasser wieder zugegeben wird, so kann der ursprüngliche Wasserzustand wiedererlangt werden. Wenn die Entwässerung weiter fortgesetzt wird und auch die Fraktion *b* entfernt wird, d. h. das System auch um seinen lose orientierten Wasseranteil vom Übergangsordnung gebracht wird so wird in sehr vielen Fällen auch seine Reversibilität mehr oder weniger eingeschränkt. Wenn auch die Fraktion *a* entfernt wird, dann hört sowohl die kolloidale als auch die biologische Reversibilität auf.

Die Art der Entfernung der Fraktion *c* ist ohne Einfluss auf die Wirkung dieser Entwässerung, abgesehen ob sie mittels Verdunstung oder Sublimation geschah.

Bei der Entfernung der Fraktion *b* wird die Reversibilität im allgemeinen dann besser gesichert, wenn diese Fraktion mittels Gefrier-trocknung ausgeschieden wird. Der gefrorene Zustand befestigt nämlich die physikalische Struktur des Gewebegerippes, lässt die aktiven Punkte frei und trägt zur Erhaltung der Rehydrationsmöglichkeit bei.

Unsere Nährstoffe und deren Gewebe können nicht nur durch Wasser-entfernung „getrocknet“ werden, sondern auch durch Zugabe von Kochsalz, oder Zucker. Auch in diesem Falle gelangen die Gewebe in einen wasserärmeren Zustand, denn das nicht gebundene Wasser (Fraktion *c*) wird zum Teil oder völlig für die Bildung der Salz- bzw. Zuckerlösung gebraucht. Demzufolge vermindert sich die Hydratation des Systems und erhöht sich seine Differentialhydratation.

Die in der Hydratation teilnehmenden Bestandteile unserer Lebensmittel sind im allgemeinen Polysaccharide und Proteine. Der Hydrationswassergehalt eines grossen Teils dieser Stoffe ist bekannt und beträgt in der Grössenordnung:

Stärke pro 100 g Trockensubstanzgehalt Hydrationswassergehalt
10 g

Zellulose pro 100 g Trockensubstanzgehalt Hydrationswassergehalt
3—6 g

Gelatine pro 100 g Trockensubstanzgehalt Hydrationswassergehalt
20 g

Pektin pro 100 g Trockensubstanzgehalt Hydratationswassergehalt 30 g

Bei Pektin haben wir gefunden, dass das als Hydratationswasser gebundene Wasser pro ein jedes Digalakturonsäureradikal 1 H₂O beträgt und kann also als ein struktureller Bestandteil aufgefasst werden. Tatsächlich können wir nach der Überprüfung der angeführten Angaben ebenfalls zum Schluss gelangen, dass zwischen dem Aufbau und Hydratationswassergehalt des Makromoleküls ein bestimmter Zusammenhang zu vermuten ist. Es scheint vermutlich, dass das bei den Polymerisationsprozessen des Aufbaues auftretende Wasser in der hydrophylen makromolekularen Stoffen des Organismus aus dem System nicht entfernt wird, sondern als Hydratationswasser zum Teil oder völlig an Ort des Austrittes bleibt. In Pektin, wie schon erwähnt, fällt auf jedes Digalakturonmolekül ein Hydratationswassermolekül.

In der Stärke ein Hydratationswassergehalt von 10% bedeutet ein Molekül Wasser pro jede Glukoseeinheit.

Im Falle von Zellulose bedeutet ein Wassergehalt von 3% ein Molekül Hydratationswasser pro jede Zellostetraoseeinheit, während der von 6% pro Zellobioseeinheit.

Im Falle der Gelatine einer jeden Peptidbindung entspricht ein Molekül Wasser.

In diesen Makromolekülen — wie es zu sehen ist — sind manche Punkte hydratiert. Die weiteren Wasseranteile, die Fraktionen *b* und *c*, können sich also bei diesen Punkten an das Hydratationswasser anknüpfen.

Wie schon erwähnt, kann die Gesamtheit dieser drei Wasserfraktionen die Hydratation, bzw. Differentialhydratation des biologischen Stoffes sowie unserer ihm abstammenden Lebensmittel determinieren. Wenn man aus den lebenden Geweben Lebensmittel erzeugt, in den meisten Fällen steigert man deren Trockensubstanzgehalt, die Gewebesäfte werden also konzentriert oder getrocknet.

Im allgemeinen kann gesagt werden, dass man gar nicht im ursprünglichen Wasserzustand verzehrt. Nicht einmal unsere rohen Lebensmittel (Obst, Salat usw.), denn während der Zeitdauer zwischen dem Pflücken und Verzehr ändert sich die Differentialhydratation. Die Austrocknung, infolge des Verlustes an freiem Wasser, wird gesteigert.

Im Laufe der Erhaltung, Konservierung, des Dunstens, Kochens und Backens ändert sich die Hydratation, bzw. die Differentialhydratation wesentlich, wobei die letztere sich im allgemeinen erhöht. Besonders gross ist diese Erhöhung beim Gefrieren, denn das nichtgebundene Wasser wird zum Eis.

Bei sehr vielen Konservierungsmethoden verwendet man — wie schon erwähnt — veränderliche Mengen Kochsalz und Zucker, die die Differentialhydratation bedeutend erhöhen, den osmotischen Druck in vielen Fällen in solchem Masse steigern, dass im System kein für die Mikroorganismen zugängliches, nichtgebundenes Wasser vorhanden ist. Das Lebensmittel ist also vor dem Verderb hervorrufenden Lebensfunktionen geschützt.

Die Einführung von Salz oder Zucker in das System bindet nur das nichtgebundene Wasser. Bald wird dann die Grenzkonzentration erreicht, bei welcher die Differentialhydratation von z. B. Protein der derjenigen des aus dem eingeführten Salz bzw. Zucker und nichtgebundenem Wasser entstandenen Systems gleich ist. Abgesehen von dieser Grenze, der Anteil grösser Differentialhydratation dehydratisiert den Anteil kleinerer Differentialhydratation.

In den meisten Fällen steigert man aber die Konzentration der Gewebe, bzw. Zellsäfte, nicht nur durch Zugabe irgendwelcher Stoffe, sondern ihr ursprünglicher Wassergehalt wird zum Teil, oder im ganzen entfernt, d. h. der Rohstoff wird eingedickt, gedarrt bzw. getrocknet.

Im allgemeinen konzentriert man Flüssigkeiten (Obstsäfte, Gemüsebrühen, Fleischextrakte). Für diese ist charakteristisch, dass im allgemeinen ihr Gesamtwassergehalt, ebenso auch ihr Gehalt an nichtgebundenem Wasser gross ist, während der Gehalt an gebundenem Wasser und damit auch die Differentialhydratation, klein sind. Auch im erhaltenen Endprodukt beträgt der Gesamtwassergehalt im allgemeinen 25—80% und — obwohl die Differentialhydratation grösser als die ursprüngliche ist — umfasst noch immer nichtgebundenes Wasser. Die Reversibilität des eingedickten Stoffes ist im allgemeinen — falls die Konzentrierung bei niedriger Temperatur geschieht — gut.

Bei Trocknung und Darren ist der zu dehydratierende Rohstoff meistens ein Lebensmittel grobstückiger, oder breiiger Konsistenz und nur selten Flüssigkeit (Zerstäubungstrocknung). Die Änderung des Wasserzustandes ist tiefdringender und die Differentialhydratation erhöht sich bedeutend, denn das Endprodukt weist im allgemeinen einen Wassergehalt von 2—20% auf, der zu bedeutendem Teil oder völlig aus gebundenem Wasser besteht.

Dank der Kenntnis des prozentualen Gehaltes der wichtigeren Bestandteile unserer Lebensmittel sowie der Hydratationswassergehalte konnte man jene Dehydratationsgrenze berechnen, bis zu welcher die Lebensmittel ohne Gefahr der Entfernung des Hydratationswassers, bzw. des Hydrationswasser + Wasserhülle-Komplexes durch Trocknung, oder durch Gefrieren entwässert werden können. Wir haben gefunden, dass die Hydratationswasserwerte von der des für den lufttrockenen Zustand

charakteristischen Feuchtigkeitsgehalt gleicher Größenordnung sind. (10—12%). Dies könnte bedeuten, dass ein übergetrocknetes Lebensmittel sich so benimmt, wie der seinen Kristallwassers beraubte Kupfersulfat und das verlorene Hydratationswasser aus der Feuchtigkeit der umgebenden Luft ersetzen würde. Das Bild ist aber nicht so einfach. Die Bestandteile mit kolloidalen Eigenschaften unserer Lebensmittel sind makromolekulare Stoffe. Innerhalb dieser Stoffe kann sich auch die Form des Moleküls ändern. Dabei können solche Schrumpfungen und Verfilzungen auftreten, die die aktiven das Hydratationswasser bildenden Stellen bedecken und unzugänglich machen. Das Lebensmittel wird also nicht vollkommen wieder hydratiert. Zwecks Vermeidung solcher Änderungen ist es zweckmässig auch die Wasserhülle neben dem Hydratationswasser zum Teil unberührt zu lassen. In diesem Falle, bei Sicherung der kolloidalen Reversibilität, darf der Wassergehalt, in grober Annäherung, auf durchschnittlich 20—25% gesenkt werden. Es ist also verständlich, dass der Wassergehalt von 12% des praktischen Trockenproduktes die Reversibilität des kolloidalen und Gewebesystems nicht sichern kann. Nach unseren Untersuchungen lässt ein Wassergehalt von 20—25% die Gewebestruktur noch unberührt. Das Produkt ist aber doch verderblich, denn ein Teil seines Wassergehaltes bildet das für die Mikroorganismen zugängliche nichtgebundene Wasser. Diesem ist es mit der schon erwähnten Methode abzuhelpen. Dem Produkt wird soviel Salz bzw. Zucker zugeführt, dass innerhalb des Systems kein nichtgebundenes Wasser vorhanden ist. Eine andere Lösung besteht darin, dass dem Produkt soviel Konservierungsmittel zugegeben wird, dass die nötige Konzentration dieses Mittels vor dem Verderb, trotz des hohen Wassergehaltes, schützt.

Bei der Rehydratation von getrockneten Produkten muss folgendes in Betracht genommen werden:

Der Gleichgewichtszustand der physikalischen Adsorptionsprozesse wird annäherungsweise durch die Sorptionsisothermen beschrieben. Die Sorptionsprozesse spielen sich immer — auch im Falle der chemisch gut definierten Adsorbenten — besonders bei der heterogenen Zusammensetzung von Lebensmitteln ausnahmslos auf den Oberflächen mit unhomogener Aktivität ab. Zu der Untersuchung dieser Frage wurde die mehrschichtige Adsorptionstheorie von Brunauer, Emmer und Teller herangezogen. Szalai fand, dass falls die ganze innere Oberfläche des Stoffes von einer genau 1 monomolekularen Wasserschicht (Hydratationswasser) bedeckt wird, so entspricht diesem Gleichgewichtszustand bei einer Reihe der geprüften Stoffe eine relative Feuchtigkeit von 20—30%. Als er die Menge des berechneten monomolekularen Bedeckenden Wassers mit dem vermuteten Hydratationswasser des Stärke verglich

(1 Glukoseeinheit 1 Mol), gelangte er zu einem anderen Wert. Das vermutete Hydratationswasser ergab nämlich einem Wert von 0,111 g/g (X_0), während der der monomolekularen Bedeckung entsprechender Wert X_m kleiner (0,079 g/g) als dieser ist. Vermutlich bedeutet der Unterschied zwischen diesen zwei Werten eine solche Wasserfraktion, die an einer, in Hinsicht des Anschliessens der weiteren Wasserverschalungen „beschränkten“ Stelle vorkommt. Solche Überlegungen können auch im Falle von Eiweiss, usw. angestellt werden und Szalai hat gefunden, dass eine „beschränkte“ Fraktion mit Recht vermutet werden kann.

Der Begriff des „beschränkten“ Wassers einführend und vermutend, dass die Mengen des in den einzelnen Wasserverschalungen eine Rolle spielenden Wassers im gesättigten Zustand der Verschalungen miteinander identisch sein, ergeben sich die der Verschalungsgrenzen gehörenden Hydratationswerte (H , H_1 , H_2) mit der folgenden Berücksichtigung des geschirmten Wasser für die verschiedenen Komponenten (gemessene Werte):

| | H Ion-Dipolbindung (Hydratationswasser) | H_1 Dipolbindung erste Verschalung | H_2 Dipolbindung zweite Verschalung |
|----------------------|---|--|---|
| Stärke | 32 | 82 | 96 |
| Stärke | 27 | 69 | 89 |
| Albumin | 28 | 61 | 78 |
| Albumin | 30 | 57 | 78 |
| Zellulose | 35 | 57 | 86 |
| Zellulose | 38 | 63 | 85 |
| Alb.+Stärke (50—50%) | 34 | 61 | 79 |
| Alb.+Stärke (50—50%) | 33 | 63 | 86 |
| Alb.+Zell. (50—50%) | 31 | 55 | 75 |
| Durchschnitt | 32 | 63 | 84 |
| Relative Abweichung | 3,65% | 4,35% | 2,65% |

Wie aus den angeführten Werten ersichtlich ist, bedeutet die Wasserfraktion H von Ion-Dipol Bindung eine so niedrige Hydratation und demzufolge eine so grosse Differentialhydratation, dass sie die Tätigkeit der Mikroorganismen vollkommen ausschliesst, aber noch auch der Durchschnittswert der Verschalung H_1 ⁶³ macht die Lebenstätigkeit der Mikroben unwahrscheinlich, denn sie ist unter einer relativen Feuchtigkeit von 70% fast ausgeschlossen, ausgenommen einige osmophile Mikroorganismen.

Aus dem Gesagten ist offensichtlich, dass die völlige Erkennung des Wasserzustandes unserer Lebensmittel noch vieler Forschungen benötigt, um die koloidale, ferner Gewebe- und biologische Reversibilität sichern zu können. Es ist aber zweifellos, dass die weitere Forschung der Hydratation unserer Lebensmittel unbedingt notwendig und nutzbringend wird.

LITERATUR

1. *L. Acker*: Nahrung 1958, 2 1045
2. *M. Akbar, P. Görling*: Chemie-Ing.-Techn. 1961, 33, 619
3. *Alexander-Johnson*: Colloid Chemistry, New York 1944, 5, Reinhold Publishing Corp.
5. *Bate-Smith, Morris*: Food Science, Cambridge 1952, University Press
6. *P. Becquerel*: Kältetechnik 1954, 6 (3) 77 (Referat)
7. *S. W. Benson et al*: J. Am. Soc. 1950 (2102)
8. *N. Bjerrum*: Structure and Properties of Ice Science 1952, 115 (2989)
9. *J. Bronner*: Fortschritte der Chemie organischer Naturstoffe, Wien 1950, V (Herausg. L. Zechmeister) Springer Vg.
10. *H. B. Bull*: Physical Biochemistry, New York 1943, J. Willey and Sons
11. Arch. Mikrobiol. 1950, 15 203
12. *H. Butin*: Biologisches Zbl. 1954, 75 (9/10)
13. *A. Busagh*: Kolloidika, Budapest 1951, Akadémiai K.
14. Chemiker Taschenbuch, Berlin 1937, J. Springer Vg.
15. *W. Clayton*: Colloid Aspects of Food Chemistry and Technology, London 1932, Churchil
16. *E. H. Callow*: Food Processing and Packaging 1962, April, The water content of meat
17. *J. D'Ans, E. Lax*: Taschenbuch für Chemiker und Physiker, Berlin 1949, Springer Vg.
18. *G. A. Egarov*: Izvestia vüszsüh ucsebnüh zavegyenyij 1960, Pischchevaia technologia (3)
19. *J. Ernst*: Bevezetés a biofizikába, Budapest 1947, M. Orvosi Könyvkiade Tarsulat (ungarisch)
20. *F. Feigl*: Chemistry of Specific, Selective and Sensitive Reactions, New York 1949, Academie Press
21. *Gertner-Erdman-Masterman*: Food Freezing, New York 1948, J. Wiley and Sons
22. *Gertner-Roos-Aiken*: Outlines of Biochemistry, New York 1949, J. Wiley and Sons
23. *A. Guilbot*: Die Stärke, 12/1960, 327—332
24. *A. Guilbot, R. Charbonnière* — R. Drapron, 13/1961, 204—207. Sur la Contribution de l'eau à l'organisation des chaines macromoleculaires de l'amidon
25. *Haurovitz*: Chemistry and Biology of Proteins, New York 1950, Academie Press
26. *Haurovitz*: Fortschritte der Biochemie, Basel 1948, Karger-Vg.
27. *E. Heim*: Die Fleischwirtschaft, 6. Jahrgang (3)
28. *D. Ch. Hodgman*: Handbook of Chemistry and Physics, Cleveland 1949, Chem. Rubber Publ. Co
29. „Hütte“ Taschenbuch für den praktischen Chemiker, Berlin 1927, (2, Auft.) 575
30. *Z. Kertesz*: The Pectic Substances, New York 1951, Interscience Publishers
31. *L. Körmendy, Gy. Gantnar*: Eljarasok a hus vizfelvevö és kötöképes-sédének meghatározására, 1945 (ungarisch)
32. *A. V. Likov*: A szaritas elmélete, Budapest 1952, Nehézipari K. (ungarisch)
33. *Sz. M. Lipatov*: A kolloidok fizikai kémiaja, Budapest 1951, Akadémiai K. (ungarisch)
34. *F. Lorincz*: Adatok a tartosított hazai husk szitmények minösegi értékeléséhez, Budapest 1951, Könyvüipari K. (ungarisch)

35. *F. Lörincz, P. Spanyol*: Vizsgálatok az ipari libaja minőségi értének megalapítására (Konzerv-, Hus és Hűtőipari Kutató Intézet Evkönyve, 1951—52 (ungarisch))
36. *F. Lörincz, Gy. Karpati, I. Teth-Baranyi, J. Vértés*: Tartosító és húsiipari technológia Budapest 1952. Élelmiszeripari K. II
37. *B. J. Luyet*: The Physical States of Protoplasma Compatible with Life. Physical Principles Concerning the Vitreous State, Vitrification and Devitrification (in dem Band von J. Alexander Colloid Chemistry, Theoretical and Applied) New York 1944. Reinhold Publ. Corp.
38. *Macey*: International Mechanism of Drying, 74—121, Clay-Water Relationships and the Internal Mechanism of Drying
39. *G. Mann*: Heating and conditioning, June 1962. Moisture loss from stored products
40. *Mannerberger-Mirkin*: A húsi és húskészítmények technológiája Budapest 1951, Kömmüipari K. (ungarisch)
41. *J. W. McBain*: Colloid Science, Boston 1950, Heat and Co.
42. *A. J. Mee*: Physical Chemistry. London 1947, Heinemann (3rd ed.)
43. *G. Nemitz*: Die Stärke 1962 Nr 8
44. *G. Nemitz*: Die Ind. Obst und Gemüseverwertung 1962, Band 47, Nr 6, S 162
45. *H. Netter*: Biologische Physikochemie Potsdam 1951, Akademische Verlagsges., Anhenaien
46. *K. Paoch, E. Loese*: Die Gefrierkonservierung von Gemüse, Obst und Fruchtsäften (Erste Hälfte) P. Parey, Berlin 1941
47. *W. Pauli, E. Valko*: Kolloidchemie der Eiweisskörper Dresden-Leipzig 1933, Steinkopff
48. *R. Plank*: Handbuch der Kältetechnik, Berlin 1/52. IX, Springer-Vg.
49. *J. S. Pruthi, L. J. Singh, Lal Girhardi*: J. Sci. Food Agric. 1959, (7, 10) 359—361
50. *J. S. Pruthi*: Reprinted from Food Science 1959, Nr. 12, 444—448
51. *I. A. Pryde, G. O. Jones*: British Abstracts A/I, July 1953 560
52. *H. Salwin, V. Slawson*: Food Techn. 517/1959, (13), 594
53. *G. S. Siddappa, A. M. Najundaswamy*: Food Technology 1960 (14) 533
54. *P. Spanyol, E. Almasi*: Starított húskészítmények előállítása (Konzerv-, Hus- és Hűtőipari Kutató Intézet Evkönyve 1951—52 Budapest 1953, Élelmiszeripari K.
55. *O. Sponsler et al*: J. Phys. Chem. 1960, 44, 996
56. *E. Staudinger*: Makromolekulare Chemie und Biologie, Basel 1947, Wepf and Av.
57. *E. Staudinger, R. Heiss*: 45, 349, Arch. Mikrobiol.
58. *I. B. Sunner, K. Myrbaeck*: The Enzymes, Chemistry and Mechanism of Action, New York 1952, Academic Press
59. *L. Szalai*: Az élelmiszerek hidraturájának egyes kérdései (Dissertation) 1964
60. *L. Szalai*: Apparatus for the Assessment of Equilibrium Relative Humidity the Temperature Range of to, Humidity and Moisture, 1964, I, Reinhold
61. *L. Széchényi -né*: Élelmiszeripar 1953, 7 8 (ungarisch)
62. *Toru Kawai*: Journal of Polymer Science 1959, XXXVII 181/198
63. *D. K. Tressler C. F. Evers*: The Freezing Preservation of Foods, New York 1947, AVI Publishing Company
64. *C. D. Tropp*: Arzneipflanzen-Therapie und Ernährungshygiene, 1962 April. Über den Urstoff Wasser
65. *H. Umstätter*: Strukturmechanik, Dresden-Leipzig 1948. Steinkopff
66. *WIBI Van Arsdel*: Food Technology-April, 1965 (484)

67. I. Varga: Fagyasztási reverzibilitás vezsgalata (Konzerv-, Hus, és Hütöopari Kutató Intézet Evkönyve, 1951—52, Budapest 1953, Elelmiszertani K.
68. H. Walter: Die Hydratation der Pflanze, Jena 1931
69. G. Török: Ind. Agric. Alim. 1957, Décembre
70. G. Török: KOHIKI Közlemények 1958, 1, 3, 1
71. G. Török: Wasser-Vitalstoff, Vitalstoffe-, Zivilisationskrankheiten 1958, 3, 137
72. G. Török: Elelmezési Ipar 1959, 13, 7 (ungarisch)
73. Török: The Hydrature and Differential Hydrature of Foods. Changes Occuring during Cooling and Freezing (Vortrag am Kongress der Kälteindustrie, Kopenhagen 1959)
74. G. Török: Acta Chim. Hung. 1960, 23
75. G. Török: Elelmiszerek viztartalma é ektarthatosaguk (Vorträge des Internationalen Kongresses von MITE) 1955, 279
76. G. Török: Elelmezési Ipar 1955, 9, 34
77. G. Török: Az lelmiszerek viztartalmanam egyes kérdései (Vortrag des XI. Internationalen Landwirtschaftlichen Industriellen Wissenschaftlichen Kongresses) (ungarisch)
78. G. Török: Elelmezési Ipar 1961, 15, 4 (ungarisch)
79. G. Török: The Importance of Equilibrium Relative Humidity in the Cold Storage of Foodstuffs, Budapest 1961. Institut International du Froid, Tagung des V. Ausschusses

Streszczenie

UWODNIENIE ŚRODKÓW ŻYWNOSCI

G. TÖRÖK (Budapeszt)

Autor przedstawia środki żywności pod względem zawartości wody, charakteryzujące ją uwodnienie oraz zróżnicowane uwodnienie. Te dwa pojęcia pozwalają scharakteryzować frakcje wody występujące w różnych stanach. Większość środków żywności ma właściwości higroskopijne. Związki między zawartością wody a uwodnieniem substancji higroskopijnych przedstawiają tzw. izotermy sorpcji. Procentowy najpoważniejszy składnik środków żywności stanowi woda. Białka natomiast są aktywnym tworzywem procesów życiowych; występują one na ogół w stanie uwodnionym, stąd też stopień ich uwodnienia ma szczególne znaczenie.

W środkach żywności rozróżnia się wodę nie związaną i związaną. Jeden ze sposobów wyrażania zawartości wody związanej polega na użyciu pojęcia uwodnienia zróżnicowanego. Wyraża ono wielkość odchylenia między uwodnieniem układu a uwodnieniem w postaci wody nie związanej. Obok tych dwu stanów występowania istnieje jeszcze trzecia frakcja wody w stanie przejściowym. W związku z tym zawartość wody w środkach żywności można podzielić na trzy frakcje w zależności od stanu występowania:

a) chemicznie i fizycznie związana nieruchoma woda „hydrotacyjna” (wiązanie jonowo-dipolowe) oraz woda „otaczająca” (w oryginale niemieckim „Verschalungswasser”) (wiązanie dipol-dipol),

b) woda w stanie przejściowym między fizyczną oraz chemiczną ruchliwością i nieruchliwością znajdującą się w stanie przejściowo nieuporządkowanym (nieusystematyzowanym) w stosunku do materiału,

c) woda chemicznie nie związana, spełniająca funkcję ośrodka rozpraszającego; pod względem fizycznym może ona być ruchliwa lub nieruchliwa.

Następstwa oddzielania różnych frakcji wody nie są takie same i w zróżnicowany sposób wpływają na odwracalność otrzymanych produktów. Autor przedstawia te różnice z punktu widzenia uwodnienia i ponownego uwodnienia (rehydratacji) środków żywności.

Résumé

HYDRATION DES PRODUITS ALIMENTAIRES

G. TÖRÖK (BUDAPEST)

L'auteur expose l'état hygrométrique de nos produits alimentaires, ainsi que la notion d'hydratation qui l'exprime, et l'hydratation différentielle. Les fractions d'humidité de différents états dans les produits alimentaires peuvent se caractériser au moyen de ces deux notions. La plus grande partie des produits alimentaires est de nature hygroscopique. Les rapports entre la teneur en humidité et l'hydratation des matières hygroscopiques sont décrits par ce qu'on appelle les isothermes de sorption. Le composant le plus important en pourcentage de nos produits alimentaires est l'eau. Les produits actifs des processus vitaux sont les protéines qui, d'une façon générale, sont présentes à l'état hydraté et leur degré d'hydratation a une grande importance.

Dans ces produits alimentaires on distingue l'eau liée et non liée. Un moyen d'exprimer la teneur en eau liée est l'hydratation différentielle, qui indique dans quelle mesure l'hydratation du système s'éloigne de l'hydratation par l'eau non liée. A côté de ces deux états, il y a encore une fraction d'humidité dans un état intermédiaire et par suite la teneur en eau de nos produits alimentaires peut se répartir en trois composants d'états différents. Ce sont:

a) l'eau „hydrate” (composant ionique dipolaire) et l'eau „d'extinction” (composant dipol-dipolaire), liées chimiquement et physiquement, immobiles.

b) l'eau dans un état intermédiaire entre l'immobilité et la mobilité chimique et physique dans une disposition d'orientation libre par rapport au produit.

c) une eau fonctionnant comme milieu de dispersion, non liée chimiquement, pouvant être physiquement mobile ou immobile.

Les conséquences de l'élimination des diverses fractions ne sont pas les mêmes et elles influencent diversement la réversibilité du produit obtenu. L'auteur expose ces différences du point de vue de l'hydratation et de la réhydratation des produits alimentaires.

Summary

HYDRATION OF FOOD PRODUCTS

G. TÖRÖK (BUDAPEST)

The author expounds the hygrometric state of our food products as well as the notion of „hydration” that is its expression, and differential hydration. The moisture fractions in their different states in the food products can be characterized by both these notions. Most food products are of an hygroscopic nature. The relationships between moisture content and the rehydration of hygroscopic materials are shown by what is called sorption isotherms. Water is the most important component of our food products, in percentage. The active agents of vital processes are proteins which, as a rule, are present in an hydrated state and their degree of hydration is of a great importance.

In our food products one can distinguish bound and free water. A way of expressing bound water content is differential hydration showing to what degree the hydration of the system is separated from the hydration by free water. Besides these two states of water exists also another moisture fraction in an intermediary state, and thus the water content in food products may be divided in three components, being in different states. These are:

a) „hydrate” water (ionic bipolar component) and „extinction” water, physically and chemically bound, immobile,

b) water in a state intermediary between chemical and physical immobility and mobility and in a „free” orientation regarding the product,

c) water acting as a dispersing medium, chemically unbound, that may be physically mobile or immobile.

The consequences of the elimination of various fractions are not identical, and they influence in different ways the „reversibility” of the obtained products. The author studies these differences from the point of view of the hydration and rehydration of food products.

Zusammenfassung

ÜBER DIE HYDRATATION VON LEBENSMITTELN

G. TÖRÖK (BUDAPEST)

Der Verfasser legt den Wasserzustand unserer Lebensmittel sowie die diesen Zustand ausdrückende Hydratation und die Differentialhydratation dar. Die Wasserfraktionen verschiedener Zustände der Lebensmittel können mit diesen zwei Begrif-

fen charakterisiert werden. Der grösste Teil der Lebensmittel weist hygroskopische Eigenschaften auf. Die Zusammenhänge des Wassergehaltes und der Hydratation hygroskopischer Stoffe werden anhand der sog. Sorptionsisothermen erläutert. Das Wasser bildet den prozentual grössten Bestandteil aller Lebensmittel. Die Eiweisstoffe bilden aktive Stoffe der Lebensprozesse und treten im allgemeinen im hydratierten Zustand auf. Der Hydratationsgrad ist also von grosser Bedeutung.

In den Lebensmitteln unterscheidet man freies und gebundenes Wasser. Eine Art des Ausdrückens des Gehaltes an gebundenem Wasser stellt die Differentialhydratation dar. Sie drückt aus inwiefern die Hydratation des Systems von der Hydratation des nichtgebundenen Wassers abweicht. Neben diesen zwei Zuständen gibt es noch eine Wasserfraktion im Übergangszustand und dementsprechend kann der Wassergehalt der Lebensmittel auf drei Bestandteile verschiedener Zustände zerlegt werden:

a) chemisch und physikalisch gebundenes, unbewegliches „Hydratwasser“ (Ion-Dipolbindung) und „Verschalungswasser“ (Dipol-Dipolbindung),

b) Wasser in einem Zustand zwischen der chemischen und physikalischen Immobilität und Mobilität, in einer gegenüber dem Stoff lose orientierten Übergangsanordnung,

c) physikalisch bewegliches oder unbewegliches, chemisch nichtgebundenes, als dispergierendes Medium funktionierendes Wasser.

Die Folgen der Entfernung der verschiedenen Wasserfraktionen sind nicht gleich und wirken sich verschiedenartig auf die Reversibilität der erhaltenen Produkte aus. Der Verfasser führt diese Unterschiede hinsichtlich der Hydratation und der Rehydratation an.

Резюме

ГИДРАТАЦИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Д. ТЭРЭК (БУДАПЕШТ)

Автор анализирует пищевые продукты с точки зрения содержания воды, характеризующую ее гидратацию и дифференцирование гидратации. Эти два понятия позволяют охарактеризовать фракции воды, выступающие в разных состояниях. Большинство продуктов питания имеет гигроскопические свойства. Связь между содержанием воды и гидратацией гигроскопических веществ иллюстрируют так наз. изотермы сорбции. В процентном отношении самый значительный компонент пищевых продуктов — вода. Белки же являются активным веществом жизненных процессов. Они выступают, в основном, в гидратационном состоянии, поэтому степень их гидратации имеет особое значение.

В пищевых продуктах различают связанную и свободную воду. Один из способов определения содержания связанной воды заключается в использовании понятия дифференцированной гидратации. Она выражает величину отклонения

между гидратацией системы и гидратацией в виде свободной воды. Наряду с этими двумя состояниями существует еще третья фракция воды в промежуточном состоянии. В связи с этим содержание воды в пищевых продуктах можно разделить на три фракции, в зависимости от состояния, в котором она выступает:

а) химически и физически связанная, неподвижная „гидратационная” вода (ионно-дипольная связь), а также „окружающая” вода в немецком оригинале Verschalungswasser (связь диполь-дипольная),

б) вода в состоянии промежуточном между физической (химической подвижностью и неподвижностью), находящаяся в промежуточно неупорядоченном (несистематизированном) состоянии по отношению к веществу,

в) вода, химически не связанная, выполняющая функции рассеивающей среды; в физическом отношении она может быть подвижной или неподвижной. Последствия отделения разных фракций воды не являются одинаковыми и дифференцированно влияют на обратимость полученных продуктов. Автор приводит эти различия с точки зрения гидратации и регидратации пищевых продуктов.